



**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

**ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES**

**Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales**

**Diseño de una instalación solar fotovoltaica  
de 0,5 MW en Monterrubio de Armuña  
conectada a red de media tensión.**

**Autor:**

**Sánchez Calles, Jesús**

**Tutor:**

**Alonso Fernández-Coppel, Ignacio  
Departamento CMelM/EGI/ICGyF/IM/IPF  
Área de Ingeniería de los procesos de fabricación**

**Valladolid, Julio de 2021**



## Resumen

El trabajo de 'Diseño de la instalación solar fotovoltaica de 0,5 MW en Monterrubio de Armuña conectada a red de media tensión', se presenta como un proyecto realizado para el Trabajo de Fin de Grado de Ingeniería en Tecnologías Industriales durante el curso académico de 2020/2021.

El documento tiene por objeto definir las condiciones técnicas y administrativas bajo las cuales se pretende construir una instalación solar fotovoltaica de 500 kW, cuyo fin es la generación de energía eléctrica e inyección de esta a la red de distribución en media tensión. La planta está situada en la localidad de Monterrubio de Armuña, provincia de Salamanca.

El proyecto es de carácter académico en su totalidad, sin ninguna validez legal. No obstante, se han tomado todas las consideraciones posibles para simular un escenario lo más realista posible.

## Palabras clave

Proyecto, planta fotovoltaica, energías renovables, módulos fotovoltaicos, radiación solar.



## **Abstract**

The work of 'Design of the 0,5 MW photovoltaic solar installation in Monterrubio de Armuña connected to medium voltage network', is presented as a project carried out for the Final Degree Project of Engineering in Industrial Technologies during the academic year 2020/2021.

The purpose of this document is to define the technical and administrative conditions under which it is intended to build a 500 kW photovoltaic solar installation, which purpose is the generation of electrical energy and its injection into the medium voltage distribution network. The plant is located in Monterrubio de la Armuña, province of Salamanca.

The project is academic in its entirety, without any legal validity. However, every possible consideration has been taken to simulate an scenario that is as realistic as possible.

## **Keywords**

Project, photovoltaic plant, renewable energy, solar panels, solar radiation.





## Índice general:

1. Introducción y objetivos.....	7
2. Desarrollo del TFG .....	9
3. Conclusiones.....	217
4. Agradecimientos .....	218
5. Bibliografía .....	219
6. Anexos .....	223



## 1. Introducción y objetivos

En los últimos 30 años, el consumo de energía eléctrica en España ha experimentado un aumento significativo debido al crecimiento económico y al aumento del consumo medio por hogar. Además, se espera que continúe creciendo en los próximos años.

El aumento de la demanda a nivel mundial ha sido respaldado en gran medida por la quema de combustibles fósiles, a los que se le atribuyen gran parte de la contaminación global y el aumento de la temperatura terrestre ya que producen los conocidos gases de efecto invernadero.

Este problema ha llevado a que, reducir las emisiones de gases, reemplazando los sistemas de generación eléctrica tradicionales por tecnologías renovables sea un compromiso prioritario en todos los países miembros de la UE. Esto ha producido un crecimiento importante de las tecnologías para la producción de energías renovables haciéndolas cada vez más competitivas entre las que se encuentra el sector fotovoltaico.

La energía fotovoltaica tiene un papel muy importante en España debido a las condiciones climáticas y su rentabilidad a largo plazo. Esto ha generado un gran interés a una parte de la población, tanto a nivel de generación como de autoconsumo.

Para la producción de energía fotovoltaica únicamente se necesitan módulos fotovoltaicos que están formados por celdas fotovoltaicas. Las celdas fotovoltaicas están fabricadas a partir de silicio que se ha sometido a varios procesos hasta conseguir una placa capaz de producir corriente eléctrica gracias a:

- Efecto fotoeléctrico
- Unión PN

El efecto fotoeléctrico es el principio físico en el que se basa la fotovoltaica y se produce cuando un semiconductor se expone a la luz solar y tiene como consecuencia, la excitación de los electrones de los átomos, cuando conseguimos redirigir todos esos electrones hacia una dirección, generamos una corriente eléctrica.

La manera de dirigir a esos electrones es mediante la unión PN introduciendo impurezas en el silicio y recogiendo los electrones libres mediante una diferencia de potencial del semiconductor creando una corriente eléctrica.

Con las celdas fotovoltaicas y unas condiciones climáticas favorables para que se produzca la excitación de los electrones somos capaces de generar energía eléctrica a partir de la radiación solar, esa facilidad de generación ha llevado a que sea una de las energías renovables más importantes en la actualidad, aunque como veremos más adelante, se van a necesitar más elementos para poder adecuarla en muchas ocasiones.

Con la ejecución de este proyecto se pretende:

- Contribuir al crecimiento de energías renovables: Con la comercialización de sistemas fotovoltaicos fomentamos que las empresas encargadas de su producción puedan continuar investigando dicha tecnología y haciendo módulos fotovoltaicos e inversores mucho más eficientes y económicos.
- Reducir la dependencia energética con el exterior: Con el aumento de energías renovables conseguimos reducir la dependencia energética con otros países fomentando nuestros recursos naturales.
- Descentralización del sector eléctrico: La producción de energía fotovoltaica consigue que tanto particulares como empresas puedan reducir o eliminar su dependencia eléctrica con las compañías gastando la energía que producen.
- Obtener beneficio económico de la generación y venta de energía eléctrica: El objetivo final del proyecto es conseguir una rentabilidad económica a largo plazo con la venta de energía que se genera, a la empresa distribuidora.

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES**

---

**INSTALACIÓN SOLAR  
FOTOVOLTAICA EN  
MONTERRUBIO DE  
ARMUÑA (SALAMANCA)**

---

AUTOR:  
SÁNCHEZ CALLES, JESÚS

TUTOR:  
IGNACIO ALONSO FERNÁNDEZ-COPPEL  
Departamento CMeIM/EGI/ICyF/IM/IPF  
Área de Ingeniería de los procesos de fabricación

Valladolid, Julio de 2021



## Índice general del proyecto:

Documento 1: Memoria .....	21
Documento 2: Planos.....	125
Documento 3: Pliego de condiciones .....	139
Documento 4: Mediciones.....	153
Documento 5: Presupuesto.....	169



# DOCUMENTO 1: MEMORIA



## ÍNDICE DE LA MEMORIA:

1.	RAZÓN DE SER DEL PROYECTO .....	19
2.	ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN .....	19
3.	IDENTIFICACIÓN Y AGENTE DEL PROYECTO.....	19
4.	SITUACIÓN .....	19
5.	NORMATIVA Y REFERENCIAS.....	20
5.1.	NORMAS PARTICULARES DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DE CASTILLA Y LEÓN.....	21
5.2.	NORMATIVA MUNICIPAL.....	21
6.	ESTUDIO DE SOLUCIONES ADAPTADAS.....	21
7.	SOFTWARES UTILIZADOS.....	22
8.	DATOS DE PARTIDA .....	22
8.1.	EMPLAZAMIENTO .....	23
8.2.	POTENCIA NOMINAL.....	23
8.3.	PUNTO DE CONEXIÓN .....	23
9.	ACCESOS.....	23
10.	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN.....	24
11.	PRODUCCIÓN ANUAL ESTIMADA.....	25
12.	OBRA CIVIL.....	26
12.1.	SUPERFICIES .....	28
13.	SISTEMA DE SEGURIDAD.....	28
14.	FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA.....	29
14.1.	SISTEMA DE BAJA TENSIÓN .....	29
14.1.1.	SISTEMA DE CORRIENTE CONTINUA.....	29
14.1.1.1.	Módulos fotovoltaicos.....	29
14.1.1.2.	Estructura soporte .....	31

14.1.1.3.	Cableado corriente continua .....	32
14.1.1.4.	Protecciones en corriente continua .....	33
14.1.1.5.	Entrada al inversor .....	35
14.1.2.	SISTEMA DE CORRIENTE ALTERNA.....	36
14.1.2.1.	Salida del transformador .....	36
14.1.2.2.	Cableado corriente alterna en baja tensión.....	37
14.1.2.3.	Protecciones en corriente alterna.....	38
14.2.	PARTE DE ALTA TENSIÓN.....	39
14.2.1.	TRANSFORMADOR .....	39
14.2.2.	CABLEADO DE ALTA TENSIÓN .....	39
14.2.3.	PROTECCIONES DE ALTA TENSIÓN .....	40
14.2.3.1.	Celdas de línea.....	40
14.2.3.2.	Celdas de interruptor automático .....	40
14.2.3.3.	Celda de medida .....	41
14.2.3.4.	Seccionador.....	41
14.2.4.	CONEXIÓN A LA RED DISTRIBUIDORA.....	41
15.	PUESTA A TIERRA .....	42
16.	SISTEMA DE MONITORIZACIÓN Y TELEMEDIDA.....	43
17.	INFRAESTRUCTURAS .....	44
17.1.	CENTRO DE BAJA TENSIÓN .....	44
17.2.	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.....	44
18.	INSTALACIONES AUXILIARES .....	44
18.1.	CABLEADO Y PROTECCIONES.....	45
19.	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....	45
20.	ESTUDIO ECONÓMICO.....	46

21. PLAZO DE EJECUCIÓN .....	46
22. CONCLUSIÓN .....	47

#### ÍNDICE DE ILUSTRACIONES:

<i>Ilustración 2. Conexión módulos serie .....</i>	<i>31</i>
<i>Ilustración 3. Estructura soporte .....</i>	<i>32</i>
<i>Ilustración 4. Conector MC4 con portafusibles .....</i>	<i>34</i>
<i>Ilustración 5. Centro de seccionamiento .....</i>	<i>41</i>
<i>Ilustración 6. Conexión aérea a red distribuidora i-DE .....</i>	<i>42</i>
<i>Ilustración 7. Esquema de puesta a tierra.....</i>	<i>43</i>

#### ÍNDICE DE TABLAS:

<i>Tabla 1. Características eléctricas de la planta .....</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 2. Valores para la producción estimada .....</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 3. Dimensiones superficies parcelas .....</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 4. Dimensiones instalaciones auxiliares .....</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 5. Características eléctricas de los módulos.....</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 6. Características físicas de los módulos .....</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 7. Características técnicas a la entrada del inversor .....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 8. Características eléctricas a la salida del inversor .....</i>	<i>37</i>



## 1. RAZÓN DE SER DEL PROYECTO

El trabajo de ‘Diseño de la instalación solar fotovoltaica de 0,5 MW en Monterrubio de Armuña conectada a red de media tensión’, se presenta como un proyecto realizado para el Trabajo de Fin de Grado de Ingeniería en Tecnologías Industriales durante el curso académico de 2020/2021.

El presente documento tiene por objeto definir las condiciones técnicas y administrativas bajo las cuales se pretende construir una instalación solar fotovoltaica de 500 kW, cuyo fin es la generación de energía eléctrica e inyección de esta a la red de distribución en media tensión.

## 2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

Tradicionalmente, la parcela donde se va a desarrollar el proyecto ha sido utilizada para cultivos de secano. Debido al gran crecimiento de la industria fotovoltaica en los últimos años, se ha decidido utilizar una parte de esta parcela para la instalación de una huerta solar contribuyendo de esta manera a las energías renovables, obteniendo la energía eléctrica de una manera más sostenible y ecológica.

El objetivo final del proyecto es la rentabilidad económica a largo plazo con la venta de la energía eléctrica generada por los módulos fotovoltaicos a la empresa distribuidora de la zona mediante un punto de conexión a su red de media tensión.

## 3. IDENTIFICACIÓN Y AGENTE DEL PROYECTO

El proyecto desarrollado está firmado por Jesús Sánchez Calles, DNI 70899520L, estudiante de Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales de la Universidad de Valladolid siendo tutor Ignacio Alonso Fernández-Coppel, profesor en dicho grado.

## 4. SITUACIÓN

La planta solar fotovoltaica estará situada en la localidad de Monterrubio de Armuña. Monterrubio de Armuña es una localidad de la provincia de Salamanca situada a 7 km al noreste de la capital provincial en la comunidad autónoma de Castilla y León (España). La localidad está situada a 805 metros de altura sobre el nivel del mar y tiene una población de 1323 habitantes (INE 2018). El documento de consulta para la localización se encuentra en el plano 1 del documento nº 2 correspondiente a los planos.

## 5. NORMATIVA Y REFERENCIAS

El proyecto deberá acogerse a la siguiente Normativa Legal vigente en todas las materias técnicas que atiende:

- ❖ Ley 82/1980 de 30 de diciembre, sobre conservación de la energía.
- ❖ Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector 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 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.
- ❖ REAL DECRETO 1955/2000 de 1 diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- ❖ REAL DECRETO 1565/2010, de 19 de noviembre por el que se regulan y modifican determinados aspectos relativos a la actividad de producción de energía en régimen especial.
- ❖ REAL DECRETO 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- ❖ REAL DECRETO 842/2002, de 2 de agosto, por el que se publica el REGLAMENTO ELECTROTÉCNICO PARA BAJA TENSIÓN, así como las instrucciones técnicas complementarias ITC-BT 01 a 51.
- ❖ REAL DECRETO 186/2016, de 6 de mayo, por el que se regula la compatibilidad de los equipos eléctricos y electrónicos.
- ❖ REAL DECRETO 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- ❖ REAL DECRETO 1048/2013, del 27 de diciembre, por el que se establece la metodología para el cálculo de la retribución de la actividad de distribución de energía eléctrica
- ❖ Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía, Decreto de 12 marzo de 1954 y Real Decreto 1725/84 de 18 de Julio. Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.
- ❖ REAL DECRETO 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición. Orden por la que se aprueba la norma tecnológica de la edificación NTE-IEP/1973, «Instalaciones de electricidad-puesta a tierra».
- ❖ Ley 3/1995, de 23 de marzo, de Vías Pecuarias.
- ❖ Normas EN 61000-3-2, EN 61000-3-12, EN 61000-6-3, EN 61000-6-4 y EN 50178.

- ❖ Normas particulares de la compañía distribuidora, en particular la MT 3.53.01 Condiciones técnicas de la instalación de producción eléctrica conectada a la red de i-DE Redes eléctricas inteligentes.
- ❖ Recomendaciones UNESA. Método de cálculo de instalaciones de puesta a tierra, UNESA. Código Técnico de la Edificación CTE, documentos básicos en Seguridad estructural de acciones y del acero, además el SE1, Resistencia y estabilidad, así como, el SE2, aptitud al servicio.

### 5.1. NORMAS PARTICULARES DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DE CASTILLA Y LEÓN

- ❖ REAL DECRETO 127/2003, del 30 de octubre, por el que se regulan los procedimientos de autorizaciones administrativas de instalaciones de energía eléctrica en Castilla y León
- ❖ Decreto Legislativo 1/2015 de 12 de noviembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Prevención Ambiental de Castilla y León

### 5.2. NORMATIVA MUNICIPAL

- ❖ Normativa del 27 de abril de 2007, por el que se establece el Plan urbanístico municipal de Monterrubio de Armuña.

## 6. ESTUDIO DE SOLUCIONES ADAPTADAS

Las posibles alternativas que se han tenido en cuenta durante la ejecución del proyecto han sido:

- Tipo de módulo fotovoltaico
- Tipo de estructura
- Tipo de inversor
- Utilización de baterías para la acumulación de energía

Las alternativas que se han tenido en cuenta para la elección de los paneles han sido entre módulos de silicio monocristalino o policristalinos. Se ha optado por módulos monocristalinos debido a que dan un rendimiento ligeramente superior. Además, dentro de los monocristalinos, se ha optado por un módulo de celda partida buscando minimizar las pérdidas en caso de que exista algún fallo de los módulos y tecnología PERC que consigue una mayor captación de energía solar.

Para la elección de las estructuras, se ha tenido en cuenta estructuras fijas o estructuras con seguidores solares. La elección para el proyecto ha sido la utilización de estructuras fijas hincadas en el terreno. La decisión de tomar esta

alternativa en vez de seguidores solares ha sido reducir la inversión inicial del proyecto y recuperarla en el menor tiempo posible debido al futuro tan cambiante que se espera en la generación de energía en los próximos años y el avance de la tecnología en la propia industria fotovoltaica.

Esta solución también nos permite reducir la superficie ocupada frente a sistemas con seguidores teniendo más  $W/m^2$  instalados y menor altura de las estructuras, disminuyendo así el impacto visual que pudiera provocar.

La siguiente decisión importante que tomamos fue en la elección de el inversor, la alternativa fue entre un inversor central para toda la instalación o varios inversores de string de menor potencia. La solución adoptada para el proyecto fue por inversores de string ya que, aunque el coste es ligeramente superior, ofrece muchas ventajas que lo compensan como son tener un mayor número de MPPT's (algoritmo que hace un seguimiento para buscar el punto de máxima potencia de los módulos) lo que provoca un mejor rendimiento o la posibilidad de poder parar parte de la planta en caso de fallo o por mantenimiento y que el resto no se vea afectada.

La última decisión fue sobre la utilización de baterías donde almacenar energía producida por los módulos para los servicios auxiliares durante la noche o cuando la planta no sea capaz de producir. La solución adoptada fue desistir el uso de baterías debido a que el gasto que tendremos es mínimo y se utilizará energía directamente de la red.

## 7. SOFTWARES UTILIZADOS

Para la realización del proyecto, se han utilizado distintas herramientas informáticas de diferente índole como:

- PVGIS
- PVSyst
- Google earth
- AutoCAD
- Presto

## 8. DATOS DE PARTIDA

Los datos de partida para el desarrollo del proyecto han sido:

- Emplazamiento de la planta
- Potencia nominal
- Punto de conexión

### 8.1. EMPLAZAMIENTO

Los datos geográficos de la ubicación de la planta fotovoltaica son los siguientes:

- Latitud: 41,023°
- Longitud: -5,644°

La parcela donde se encuentra la planta fotovoltaica está identificada por la referencia catastral 37203A502000360000SB con una superficie total de 153.741 m<sup>2</sup> aunque no se utilizará en su totalidad.

La parte utilizada se sitúa en el extremo sureste con una superficie total de 13.859 m<sup>2</sup>.

### 8.2. POTENCIA NOMINAL

La potencia nominal máxima permitida será de 500 kW<sub>n</sub> limitada por los inversores para inyectar a la línea de distribución que corresponde a la suma de la potencia nominal de 5 inversores trifásicos de 100 kW cada uno.

### 8.3. PUNTO DE CONEXIÓN

La entidad distribuidora de energía eléctrica en la zona es la empresa “I-DE Redes Eléctricas Inteligentes”. La energía se evacuará en media tensión a 20.000 V en un apoyo situado en la misma parcela, se trata de una red trifásica y con una frecuencia de 50 Hz.

El punto de apoyo donde se realizará la conexión es el poste 6615 de la línea SA 14875 procedente de la subestación de Villamayor.

## 9. ACCESOS

El proyecto se desarrollará en la parcela anteriormente citada en la localidad de Monterrubio de Armuña en la provincia de Salamanca.

La parcela limita al norte con el casco urbano de Monterrubio de Armuña, al sur con la parcela nº 35 del polígono 502, al este con el camino viejo de Villares de la Reina y al oeste con el camino de Carbajosa.

El acceso a la parcela es a través del pueblo por la avenida de la ermita en dirección sur. La parcela se encuentra a 500 m al oeste por el camino viejo de Villares de la Reina.

## 10. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN

El proyecto se basa en la construcción de un parque fotovoltaico de 500 kW nominales de potencia de generación. Esta energía producida de origen renovable será íntegramente exportada a la red de la compañía distribuidora de energía de la zona a 20.000 V.

Los dispositivos que serán necesarios para el correcto funcionamiento de la planta fotovoltaica conectada a la red son:

- Obra civil
- Estructura soporte
- Módulos fotovoltaicos
- Inversores
- Cableado y protecciones
- Transformador
- Toma de tierra
- Red distribuidora

El campo fotovoltaico tendrá una potencia pico instalada de 592.500 W, compuesto por 1500 paneles fotovoltaicos de 395 W cada uno, que se instalarán sobre unas estructuras fijas en el suelo orientadas al sur perfecto y con una inclinación fija de 25° con el fin de maximizar beneficios según lo calculado en el anejo 2.

El campo fotovoltaico se dividirá en 7 filas con distinto número de estructuras cada, se unirán eléctricamente de manera que para cada inversor correspondan 15 strings de 20 módulos cada uno, según lo calculado en el anejo 2. Cada inversor tendrá una potencia pico de 118,5 kWp. Todos los módulos correspondientes a los strings se conectarán en serie y estos se conectarán en paralelo con los demás strings del inversor mediante conectores MC4 con portafusibles.

El campo fotovoltaico se conectará a la red por medio de 5 inversores de 100 kW cada uno. Los inversores se encargarán de convertir la corriente continua procedente de los módulos en corriente alterna. Una vez tenemos la corriente alterna, el transformador es el encargado de aumentar el voltaje y sincronizarla en frecuencia y fase con la línea de red eléctrica a 20 kV.

El campo fotovoltaico dispondrá de un interruptor general que proteja la red de distribución dejando de funcionar en caso de fallo. También dispondrá de un contador electrónico bidireccional con el fin de poder realizar un balance entre

la energía inyectada y la energía consumida y así conocer la facturación con la compañía distribuidora.

La conexión de la planta a la red distribuidora se realizará a través de la unión de conductores en puentes flojos desde un poste de nueva creación situado a 4 metros donde irá ubicado un seccionador.

En condiciones estándar de funcionamiento (1000 W/m<sup>2</sup>, distribución espectral AM 1,5 G y temperatura de célula de 25 ° C) las características eléctricas de la planta son:

Características	Por módulo	Por String	Por inversor	Total
Unidades	1	20 módulos	15 strings	5 inversores
Potencia máxima nominal	395 W	7.900 W	118.500 W	592.500 W
Tensión a potencia máxima	41,07 V	821,4 V	821,4 V	821,4 V
Intensidad a potencia máxima	9,62 A	9,62 A	144,3 A	721,5 A
Tensión circuito abierto	49,45 V	989 V	989 V	989 V
Intensidad cortocircuito	10,35 A	10,35 A	155,25 A	776,25 A

Tabla 1. Características eléctricas de la planta

## 11. PRODUCCIÓN ANUAL ESTIMADA

La generación de la energía eléctrica depende de las condiciones climáticas y rendimiento de la planta. Para obtener la producción anual teórica debemos conocer los valores de irradiación, potencia instalada y rendimiento de la instalación descritos en el anejo de cálculos.

La estimación de la producción anual esperada se ha realizado a través de los datos de la Comisión Europea para sistemas fotovoltaicos, PVGIS, con los siguientes datos:

- Datos climatológicos
- Ubicación del proyecto
- Potencia pico
- Pérdidas del sistema
- Inclinación
- Angulo azimut

Los valores utilizados para el cálculo de la producción anual se han obtenido en el apartado 2 de los anejos de la memoria.

Potencia pico	Pérdidas	Inclinación	Ángulo azimut
592.500 W	24%	25º	0º

Tabla 2. Valores para la producción estimada

No se considera que existan partes con sombreado total o parcial en el campo fotovoltaico durante las horas centrales del día.

Con los datos anteriores obtenemos el siguiente gráfico mensual para obtener una estimación de energía producida por el campo fotovoltaico.

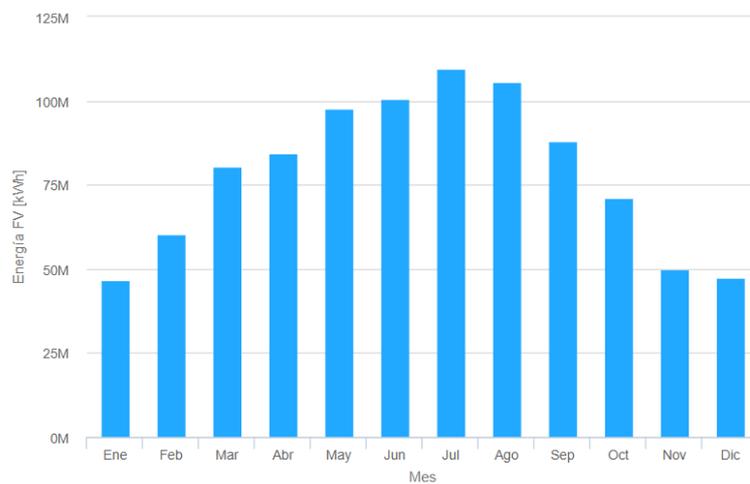


Ilustración 2. Producción de energía mensual del sistema. Fuente: PVGIS

La energía anual esperada para la planta solar fotovoltaica es de aproximadamente 947 MWh/año.

## 12. OBRA CIVIL

El terreno actualmente no dispone de ninguna construcción. Por lo tanto, no será necesario realizar ningún tipo de demolición de edificios ni estructuras en la parcela.

Lo primero a realizar será el vallado perimetral y la instalación de las cámaras de seguridad de la parte utilizada para el campo fotovoltaico tanto para la seguridad de los materiales de la planta fotovoltaica como para evitar el acceso a la instalación de posibles intrusos.

La instalación dispondrá de dos accesos de entrada y salida, uno por la parte este hacia el camino y otro en la parte oeste hacia la parcela como podemos ver en el plano 3.

Se ha estimado dejar un espacio de 15 metros entre el límite de la parcela y la zona de los módulos que dan al exterior para evitar posibles sombras tanto del vallado como de elementos externos y de 10 metros en la parte interior. En la parte norte se realizará un camino de entrada y salida de vehículos al centro de transformación.

Para la fijación de las estructuras de soporte al terreno, se utilizarán hincas de aproximadamente 1,5 m que sean capaces de soportar el peso de los módulos y las condiciones meteorológicas de la zona, para determinar la profundidad exacta se va a realizar un estudio pull-out test con los perfiles de las estructuras y un estudio geotécnico de la parcela.

Una vez instalados los módulos sobre las estructuras, se conectarán eléctricamente en serie los 20 módulos correspondientes a un string que coincide con el tamaño de las mesas. Posteriormente, se conectarán eléctricamente 15 string en paralelo para cada inversor. El cableado de los strings en paralelo irá a la intemperie, a través de bandejas metálicas por las estructuras de este a oeste y a través de zanjas con tubos corrugados tanto para pasar de una fila a otra como para poder entrar de manera subterránea al centro de baja tensión donde estarán ubicados los inversores.

La separación entre filas de las estructuras deja pasillos internos de 4,5 m para evitar las sombras que producen las propias estructuras y permitir el paso de personas y maquinaria para labores de mantenimiento según lo calculado en el anejo 2. La separación entre estructuras contiguas será de 0,5 m permitiendo así el paso de personas entre distintas filas.

Por último, se instalarán dos casetas prefabricadas en la parte oeste de la parcela, la primera corresponde al centro de baja tensión donde irán los inversores junto con las protecciones de corriente continua y alterna de baja tensión y el sistema de monitorización de la planta. La otra caseta situada un poco más al norte será el centro de transformación que consta del transformador y protecciones de corriente alterna en alta tensión.

La conexión de enlace entre la planta y la red de i-DE redes eléctricas inteligentes se hará a través de una cruceta con seccionador al punto de conexión conectada mediante puente flojo.

### 12.1. SUPERFICIES

La superficie total de la parcela es de 153.741 m<sup>2</sup>, aunque no se utilizará la totalidad de la parcela para la instalación solar fotovoltaica. La superficie para la planta solar fotovoltaica tiene una superficie de 13.859 m<sup>2</sup> con un perímetro de vallado de 512 metros.

La parcela inicial y la división quedan con las siguientes dimensiones:

Superficies parcelas	Área
Superficie total	153741 m <sup>2</sup>
Superficie utilizada	13859 m <sup>2</sup>

Tabla 3. Dimensiones superficies parcelas

También son necesarias instalaciones auxiliares para el correcto funcionamiento de la planta con las siguientes dimensiones:

Construcciones	Área
Centro de baja tensión	10,68 m <sup>2</sup>
Centro de transformación	17,28 m <sup>2</sup>

Tabla 4. Dimensiones instalaciones auxiliares

## 13. SISTEMA DE SEGURIDAD

Para la superficie de la parcela correspondiente a la planta fotovoltaica, se tomarán medidas de seguridad perimetral que corresponden con:

- Vallado perimetral
- Cámaras de seguridad
- Detector de intrusos por microondas

El cerramiento perimetral se realizará mediante malla de simple torsión con 2,20 metros de altura.

De esta manera se protegerán tanto los componentes de la planta como se evitará el acceso a la misma de personal no cualificado previniendo posibles robos y accidentes dentro de la planta solar.

## 14. FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA

La planta fotovoltaica únicamente generará energía eléctrica durante las horas diurnas y se inyectará de manera íntegra a la red de distribución.

Durante la noche o ante condiciones climáticas adversas que hagan imposible la generación se utilizará energía procedente de la red para el consumo de esta lo que implica que no existen elementos de acumulación de energía eléctrica.

La planta fotovoltaica la podemos dividir en dos partes fácilmente diferenciables:

- Sistema de baja tensión
- Sistema de alta tensión

### 14.1. SISTEMA DE BAJA TENSIÓN

El sistema de baja tensión de la planta fotovoltaica corresponde a todos los elementos desde los módulos fotovoltaicos hasta el transformador. Dentro de la parte de baja tensión existen dos zonas:

- Sistema de corriente continua
- Sistema de corriente alterna

#### 14.1.1. SISTEMA DE CORRIENTE CONTINUA

El sistema de corriente continua incluye desde el módulo fotovoltaico hasta la entrada al inversor con sus correspondientes conexiones intermedias por lo que debemos definir en este tramo:

- Módulos fotovoltaicos
- Estructura soporte
- Cableado corriente continua
- Protecciones corriente continua
- Entrada al inversor

##### 14.1.1.1. Módulos fotovoltaicos

El módulo fotovoltaico elegido para la planta solar es el modelo NU-JB395 de la marca Sharp, con tecnología PERC de silicio monocristalino que cuenta con una potencia nominal en condiciones STC de 395W. El módulo es de celda

partida lo que permite un mejor rendimiento de los módulos ante posibles sombras o fallos y cuenta con 144 células en serie.

La planta cuenta con 1500 módulos que estarán dispuestos en mesas de 20 módulos cada una, coincidiendo con los strings y 15 ramas en paralelo por inversor, con un total de 5 inversores.

#### Características eléctricas

Los módulos fotovoltaicos utilizados presentan las siguientes características eléctricas en condiciones STC según el fabricante:

### Características eléctricas (Modelo NU-JB395)

Característica	Unidad	Valor
Potencia máxima nominal ( $P_{max}$ )	W	395
Tensión de circuito abierto ( $V_{oc}$ )	V	49,45
Corriente de circuito abierto ( $I_{sc}$ )	A	10,35
Tensión en el punto de máxima potencia ( $V_{mpp}$ )	V	41,07
Corriente en el punto de máxima potencia ( $I_{mpp}$ )	A	9,62
Eficiencia del módulo		19,6 %

Tabla 5. Características eléctricas de los módulos

#### Características físicas

Los módulos fotovoltaicos utilizados presentan las siguientes características físicas según el fabricante:

## Características físicas (Modelo NU-JB395)

Característica	Unidad	Valor
Longitud	mm	2008
Anchura	mm	1002
Profundidad	mm	40
Peso	Kg	23,5

Tabla 6. Características físicas de los módulos

En el apartado de Anejos se incluye la ficha técnica completa de los paneles.

### Características constructivas

Los módulos estarán montados en estructuras fijas de 20 módulos cada una. Cada mesa tendrá 2 filas de 10 módulos cada una en posición vertical. La conexión de los módulos de un string se hará del modo leapfrog (salto de rana) con lo que conseguimos que el cable positivo y negativo quedan en el mismo lado.

A cada inversor se conectarán eléctricamente 15 strings de 20 módulos cada uno.

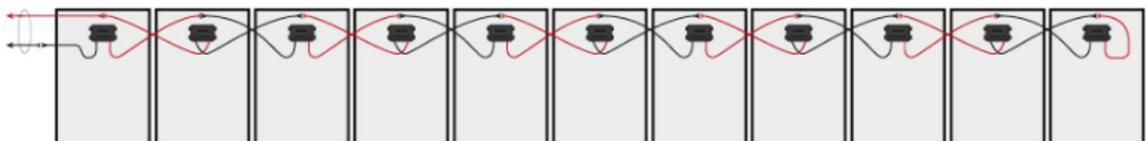


Ilustración 1. Conexión módulos serie

#### 14.1.1.2. Estructura soporte

La estructura soporte es la encargada de mantener fijo el campo generador al suelo, debe soportar ante las inclemencias meteorológicas (viento, nieve...), o aspectos como la corrosión o las dilataciones.

Los módulos fotovoltaicos irán colocados encima de la estructura por lo que la orientación e inclinación de estos vendrán fijados por la estructura según lo calculado en el anejo 2.

- Ángulo de inclinación de  $25^\circ$ .
- Orientación al sur perfecto (ángulo azimut de  $0^\circ$ ).

Siendo esta la configuración más favorable para la producción de energía eléctrica en la zona.

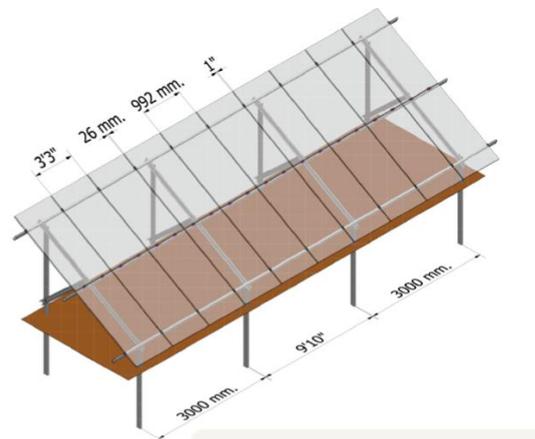


Ilustración 2. Estructura soporte

La estructura elegida para el proyecto es el sistema muniellos del fabricante Alusín Solar, cuyos postes están fabricados de acero galvanizado por inmersión en caliente y el emparrillado de aluminio que irá fijada al suelo mediante hincas a 1,5 metros de profundidad.

La garantía del fabricante es de al menos 25 años, asegurando como mínimo la vida útil del parque solar.

#### 14.1.1.3. Cableado corriente continua

El cableado de corriente continua conduce la corriente eléctrica desde el campo generador hasta los inversores. La parte correspondiente a la instalación de corriente continua tendrá un máximo de 1500 V y existen dos tramos con secciones distintas:

- Tramo 1: Cosido de los módulos
- Tramo 2: Desde las mesas hasta el inversor

#### Cosido de módulos

Como hemos mencionado anteriormente, cada string está formado por 20 módulos. Estos módulos se conectarán entre sí mediante un cosido leap frog. Para su conexión, cada módulo dispone de 2 cables (positivo y negativo) de 1,4

m de longitud y una sección de  $4 \text{ mm}^2$  para poder realizar la conexión en serie de cada string.

Una vez realizada la conexión en serie obtenemos dos cables de salida de  $4 \text{ mm}^2$  en cada mesa.

#### Desde las mesas hasta el inversor

Una vez se ha realizado el cosido de módulos en serie, se conectarán en paralelo 15 strings que irán conectados a cada inversor (mismo procedimiento para cada inversor).

La conexión de los dos cables de cada mesa será mediante conectores MC4 con portafusibles a cables PV-AI 1.500 V de aluminio y  $150 \text{ mm}^2$  de sección con recubrimiento de polietileno reticulado (XLPE) según lo calculado en el anejo 2.

Este cableado irá por bandejas metálicas recorriendo todas las estructuras soporte de este a oeste por la intemperie y enterrado en una zanja a través de tubos corrugados para pasar de una fila a otra y para acceder al centro de baja tensión donde estarán ubicados los inversores.

Las zanjas por las que irá el cableado en este último tramo tendrán unas dimensiones mínimas de 0,7 m de profundidad y de 0,5 m de anchura definidas en el plano 10. El cable durante su trayecto subterráneo irá por medio de tubos corrugados con una sección de  $180 \text{ mm}^2$ .

Para el cálculo de la sección de cable, con el fin de facilitar el trabajo de los instaladores y logística, hemos calculado la sección para la distancia más larga (sección más crítica) y se ha puesto la sección superior normalizada cumpliendo así con la Guía-BT-40 así como el diámetro de los tubos.

Todos los posibles empalmes en corriente continua se realizarán mediante conectores MC4.

#### 14.1.1.4. Protecciones en corriente continua

Las protecciones de corriente continua de la planta van a ser de dos tipos:

- Fusibles
- Interruptores seccionadores DC

Los fusibles irán dentro de los portafusibles en la conexión de cada mesa en paralelo.

La función principal de los fusibles es la protección del cable ante sobrintensidades, actuando en caso de fallo de los módulos y protegiendo de esta manera los demás elementos de la planta.

El calibre de los fusibles estará entre la intensidad máxima que puede soportar el cable y la intensidad que pasa normalmente por el cable para que no se funda sin motivo.

Los fusibles serán de tipo gPV, óptimos para aplicaciones fotovoltaicas de la marca Df electric con un número de referencia 492229 y las siguientes características eléctricas:

- Voltaje en DC: 1500 V
- Intensidad nominal: 15 A

Cada mesa tendrá dos fusibles (positivo y negativo), por lo que se necesitarán 150 fusibles iguales que corresponde con las 75 mesas de la planta.



*Ilustración 3. Conector MC4 con portafusibles*

Además de los fusibles, se dispondrá de seccionadores de corriente continua tanto para proteger ante sobrecargas como para tener la posibilidad de cortar el funcionamiento de distintas partes de la planta.

Los seccionadores irán instalados en la caseta en serie antes de la conexión a los inversores. La función principal es proteger al inversor además de facilitar los trabajos de mantenimiento y sustitución en caso de fallo.

Los 5 seccionadores seleccionados serán iguales, de la marca telergon con referencia S6N0160USS0.

El seccionador actuará cuando la intensidad de entrada sea mayor de 160 A y 1500 V de corriente continua tal y como hemos calculado en el anejo 2 o con un mando de manera manual permitiendo así dejar una zona sin corriente.

Además de las protecciones externas mencionadas, los inversores tienen protecciones internas incluidas con el fin de proteger la planta, que se explican en el siguiente apartado.

#### 14.1.1.5. *Entrada al inversor*

La energía producida por los módulos fotovoltaicos no se puede inyectar directamente a la red de distribución. Para que esto sea posible es necesaria una unidad de acondicionamiento de potencia, denominada inversor.

La misión del inversor es transformar la corriente continua que le llega de los módulos en corriente alterna trifásica.

Para la planta se han propuesto 5 inversores iguales de la marca SMA y modelo Sunny HighPower Peak 3 100-20.

En régimen continuo, los inversores dan una potencia nominal de 100.000 W. La frecuencia de trabajo es de 50 Hz y un factor de potencia de 1.

Además de las características del inversor, estos incorporan sistemas de protección interna como son:

- Monitorización de toma de tierra
- Separación galvánica
- Monitorización de red
- Protección contra polarización inversa CC
- Protección mínima tensión instantánea
- Protección sobretensión
- Protección de máxima y mínima frecuencia

#### *Características técnicas a la entrada del inversor*

Las características técnicas del inversor a la entrada son:

### Características técnicas (Modelo Sunny HighPower Peak 3 100-20)

Característica	Valor
<b>Entrada CC</b>	
Potencia máxima	150.000Wp
Rango de tensión MPP	590-1000 V
Tensión máxima CC	1000 V
Corriente máxima CC	180 A
N.º de entradas CC	1 o 2 (opcional)
MPPTs	1

Tabla 7. Características técnicas a la entrada del inversor

#### 14.1.2. SISTEMA DE CORRIENTE ALTERNA

El lado de corriente alterna está compuesta por:

- Salida del inversor
- Cableado de corriente alterna
- Protecciones corriente alterna
- Transformador
- Punto de conexión

##### 14.1.2.1. Salida del transformador

Las características eléctricas del inversor a la salida, dadas por el fabricante son:

### Características técnicas (Modelo Sunny HighPower Peak 3 100-20)

Característica	Valor
<b>Salida CA</b>	
Potencia a tensión nominal	100 kW
Potencia máxima aparente de CA	100 kVA
Corriente máx. de salida	151 A
Tensión nominal de CA	400 V
Frecuencia nominal AC	50 Hz
Conexión de CA	Trifásico
<b>Coefficiente de rendimiento</b>	
Coefficiente de rendimiento máximo	98,80%
Rendimiento europeo	98,60%

Tabla 8. Características eléctricas a la salida del inversor

#### 14.1.2.2. Cableado corriente alterna en baja tensión

En la parte de baja tensión, existen dos tramos con secciones distintas que corresponden a:

- Del inversor al embarrado
- Del embarrado al transformador

#### Tramo del inversor al embarrado

Esta parte del cableado va desde la salida del inversor hasta la entrada al embarrado pasando por las protecciones correspondientes al cuadro de baja tensión. El cable calculado para este tramo será el RV-K de sección 35 mm<sup>2</sup> por fase y para el neutro calculado en el anejo 2.11.1.1.

### Tramo del embarrado al transformador

Es el tramo desde el embarrado al transformador, la distancia es de 10 m. El cable calculado para este tramo es el RV-K de sección  $3 \times 95 \text{ mm}^2$  por fase y de  $3 \times 50 \text{ mm}^2$  para la sección del neutro según lo calculado en el anejo 2.

#### 14.1.2.3. Protecciones en corriente alterna

En corriente alterna existirán distintos tipos de protecciones:

- Protecciones en baja tensión
- Protecciones alta tensión de la planta
- Protecciones alta tensión de la red distribuidora

La parte correspondiente a protecciones del lado de alta tensión se explicará más adelante en el apartado 1.12.2.4.

#### Protecciones corriente alterna en baja tensión

Las protecciones de corriente alterna estarán en el centro de baja tensión y serán de dos tipos:

- Magnetotérmicos: Protege de sobreintensidades y sobrevoltajes
- Diferenciales: Protege de contactos indirectos y derivaciones a tierra

#### Magnetotérmicos

Las protecciones de corriente alterna en baja tensión irán en un armario metálico del tipo Prisma Plus de la marca Schneider dentro del edificio prefabricado en cuyo interior hay monta carriles DIN, embarrado de cobre aislado y canaletas de cables para instalar los aparatos eléctricos de protección de baja tensión.

En la cabecera del cuadro general de baja tensión hay un interruptor ajustado a 900 A con protección diferencial y aguas abajo 5 interruptores automáticos ajustados a 175 A con protecciones para los inversores de la planta fotovoltaica.

Los 5 magnetotérmicos individuales se conectarán al general a través de un embarrado de cobre.

Los elementos de protección serán interruptores magnetotérmicos cuyas principales características eléctricas son:

- 5 interruptores magnetotérmicos de la marca Schneider modelo NSX250F TM200D 4P4R regulado a 175 A.
- 1 interruptor magnetotérmico general de protección de la marca Schneider modelo NS 1000 N 4P regulado a 900 A.

El armario se conectará a tierra mediante un conductor de cobre desnudo de sección  $60 \text{ mm}^2$ .

## Diferenciales

Esta protección será un toroide de núcleo cerrado a la salida del magnetotérmico general conectado a un relé diferencial.

El toroide será de la marca Schneider vigirex de 300 mm de diámetro modelo GA300 conectado a un relé diferencial de la misma marca modelo RH99M de clase A regulable en intensidad y segundos, que se ajustará a 300 mA para un tiempo de respuesta de 0,2 segundos.

### 14.2. PARTE DE ALTA TENSIÓN

El sistema de alta tensión incluye desde la salida del transformador hasta la torre de conexión con sus correspondientes conexiones intermedias por lo que debemos definir en este tramo:

- Transformador
- Cableado de alta tensión
- Protecciones de alta tensión
- Conexión a la red distribuidora

#### 14.2.1. TRANSFORMADOR

El transformador va a ser el encargado de aumentar el voltaje de 400 V a la entrada a 20.000 V a la salida para poder inyectarlo a la red de distribución.

Para el proyecto se utilizará un transformador trifásico de potencia 630 kVA, con una relación de transformación de 420 V a 20.000 V de la marca Schneider electric con las siguientes características:

- Regulación:  $\pm 2.5\%$ ,  $\pm 5\%$ ,  $\pm 7.5\%$ ,  $\pm 10\%$ .
- Tensión de cortocircuito: 6%
- Grupo de conexión: Dyn 11

#### 14.2.2. CABLEADO DE ALTA TENSIÓN

El cable calculado para la parte de alta tensión será del tipo XLPE-Z1 conductor de aluminio y 240 mm<sup>2</sup> de sección para la línea subterránea a 0,84 m que irá protegido por tubos corrugados con arena especificado en el plano 10 y el conductor 67-AL1/11-ST1A, también de aluminio para la línea aérea de alta tensión con el que se hará el conexionado a la red distribuidora.

### 14.2.3. PROTECCIONES DE ALTA TENSIÓN

Las protecciones de alta tensión que irán dispuestas serán:

- Celdas de línea
- Celda de interruptor automático
- Celda de medida
- Seccionador

Las celdas de maniobra se instalarán en el centro de transformación prefabricado, separadas físicamente de las protecciones de baja tensión e inversores.

#### 14.2.3.1. Celdas de línea

Las celdas de línea son del tipo CGMCOSMOS-L 24KV.

Estas celdas de línea están compuestas por:

- Juego de barras tripolar de 400 A de corriente nominal.
- Interruptor/ seccionador en SF6.
- Seccionador de puesta a tierra de doble brazo
- Indicadores de presencia de tensión con lámparas.
- Embarrado de puesta a tierra.
- Intensidad de cortocircuito de 20 kA.

#### 14.2.3.2. Celdas de interruptor automático

La celda será del tipo SF6, modelo CGMCOSMOS-V 24KV.

Contiene un interruptor automático de corte en vacío que se dispondrá en serie con un seccionador de tres posiciones:

- Conectado
- Seccionado
- Preparado a tierra

El compartimento de control estará formado por un módulo metálico adosado en su parte superior frontal, contenido en su interior debidamente montados y conexionados los siguientes aparatos y materiales:

- Interruptor automático disyuntor y seccionador de tres posiciones
- Tres polos que contienen SF6 a una presión absoluta cercana a 3 bares
- En cada polo hay dos contactos: el inferior que es fijo y el superior que es móvil y que es accionado por el mando del interruptor automático.

#### 14.2.3.3. Celda de medida

Se instalará una celda modular de medida CGM para alojar los transformadores de medida de intensidad y tensión, comunicando con el embarrado general de las celdas, mediante cable seco.

#### 14.2.3.4. Seccionador

El esquema del centro seccionador para poder hacer la conexión a la red de media tensión es:

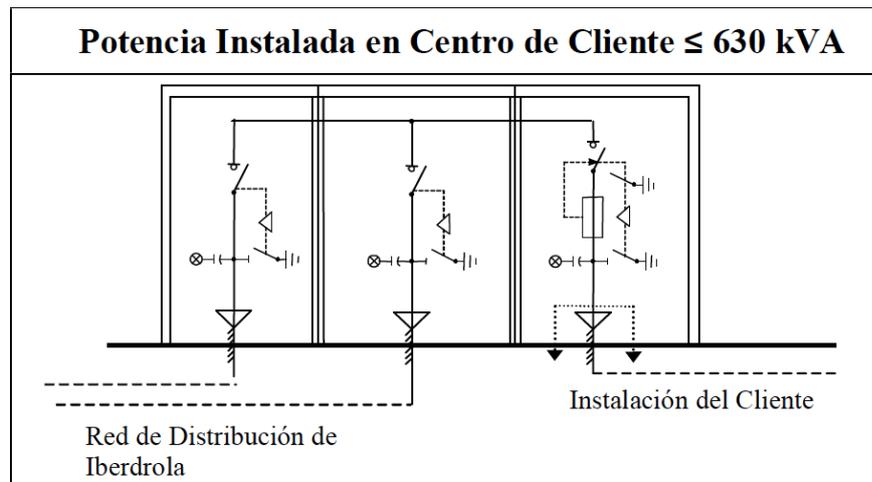


Ilustración 4. Centro de seccionamiento

El seccionador irá colocado en la cruceta desde donde saldrán los conductores en vano flojo para hacer el conexionado de la instalación a la línea de distribución i-DE redes eléctricas inteligentes.

#### 14.2.4. CONEXIÓN A LA RED DISTRIBUIDORA

Para la conexión a la red, debemos adaptarnos a la normativa de la empresa 'i-DE redes eléctricas inteligentes' responsable de la distribución de energía eléctrica en la zona para la conexión a su línea a 20.000 V.

La conexión a la red se realizará conforme al siguiente esquema:

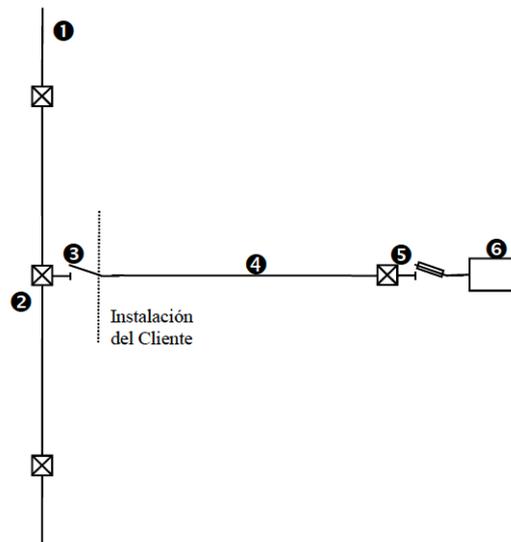


Ilustración 5. Conexión aérea a red distribuidora i-DE

Donde:

- 1: Línea principal (Red de i-DE)
- 2: Apoyo de entronque en línea principal, de la red de i-DE
- 3: Elemento de maniobra, seccionador
- 4: Vano corto flojo, propiedad de cliente
- 5: Elemento de protección, cortacircuitos fusible seccionadores de expulsión u otro tipo de protecciones según la topología de la red afectada
- 6: Centro de transformación del cliente

## 15. PUESTA A TIERRA

El objeto de la puesta a tierra es limitar la tensión que con respecto a tierra pueden presentar en un momento dado las masas metálicas conectándose a una misma superficie equipotencial.

La puesta a tierra tiene como objetivos principales:

- Protección contactos indirectos
- Control del inversor
- Actuar de pararrayos

Se conectarán a tierra todos los elementos metálicos de la instalación que no deberían estar en tensión normalmente, pero puedan estarlo a causa de una avería o circunstancias externas.

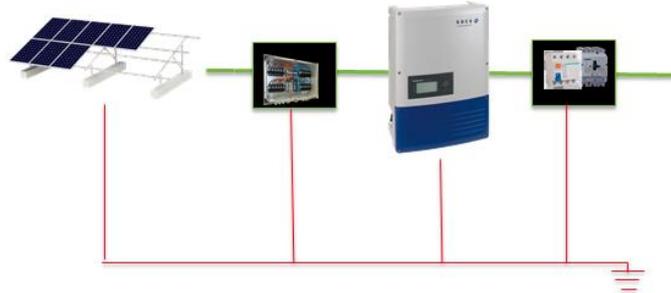


Ilustración 6. Esquema de puesta a tierra

La puesta a tierra estará constituida por un conductor de cobre desnudo enterrado con sección de  $60 \text{ mm}^2$  y 20 picas de cobre de 2 metros y 14 mm de diámetro siendo la situación más desfavorable de la instalación con el fin de simplificar el trabajo de montaje. Las picas estarán enterradas verticalmente y su cabeza estará mínimo a 0,8 m de profundidad.

## 16. SISTEMA DE MONITORIZACIÓN Y TELEMEDIDA

Las instalaciones fotovoltaicas deben quedar monitorizadas para poder observar su funcionamiento. El sistema de monitorización consta de:

- Un datalogger
- Cable de comunicación (ethernet)
- Router de comunicación

El datalogger será el Data Manager M ofrecido por la empresa SMA para monitorizar el inversor utilizado y poder acceder a los datos a través de internet.

Para su conexión se conecta con cable ethernet los inversores en serie. El último inversor se conectará a un router inalámbrico con tarjeta SIM ubicado en la caseta para la transmisión de datos y poder acceder a los datos a través de internet.

Además de esto se dispondrá de un contador bidireccional para tener constancia de la energía inyectada y consumida de la red eléctrica.

## 17. INFRAESTRUCTURAS

### 17.1. CENTRO DE BAJA TENSIÓN

El centro de baja tensión será una caseta prefabricada por la empresa Prephor, modelo EP 1T 4250, especializado en instalaciones fotovoltaicas. En el interior del centro de baja tensión irán ubicados los seccionadores de corriente continua, los inversores y un armario con todas las protecciones de corriente alterna en baja tensión.

El cableado tanto de entrada como de salida al centro de baja tensión será de manera subterránea.

### 17.2. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

El centro de transformación será otra caseta prefabricada por la empresa Prephor, modelo EP 1T 4800 2P. Esta caseta consta de una envolvente de hormigón, de estructura panelable, en cuyo interior se incorporan todos los componentes eléctricos, el transformador, las protecciones de alta tensión de la instalación y la protección de la línea de distribución, además de sus interconexiones.

El cableado tanto de entrada como de salida al centro de transformación será de manera subterránea.

## 18. INSTALACIONES AUXILIARES

Aunque la planta no necesite más para su correcto funcionamiento, se necesitan una serie de instalaciones eléctricas auxiliares para el alumbrado de las casetas, sistema de seguridad, sistema de monitorización y usos varios.

Durante el día se utiliza la energía que producimos de los paneles solares para estos consumos y durante la noche o momentos en los que no se produzca nada, dicha energía será importada de la red de distribución. El contador bidireccional será el encargado de contabilizar la energía importada y exportada a la línea de distribución para su posterior facturación. Este contador irá ubicado aguas arriba del transformador tal y como especifica la empresa distribuidora.

El cuadro de instalaciones auxiliares estará ubicado en el centro de baja tensión separado físicamente de las protecciones del campo fotovoltaico.

### 18.1. CABLEADO Y PROTECCIONES

La corriente para las instalaciones secundarias se realizará tomando suministro de energía del cuadro de baja tensión. La sección será de 2,5 mm<sup>2</sup> y conductor de cobre.

Se dispondrá también de magnetotérmicos y diferenciales para la protección tanto para la línea principal como para cada uso como se indica en el plano unifilar.

## 19. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

La parcela seleccionada es de clase rústica cumpliendo con el reglamento de urbanismo tanto de Monterrubio de Armuña como de Castilla y León en su versión 8/04/2019 en su artículo 57 sobre derechos excepcionales sobre suelo rústico donde se permite la producción, transporte, transformación, distribución y suministro de energía.

El presente proyecto cumplirá toda la normativa relativa a impacto ambiental que le aplique. Al no disponer de normativa municipal específica en esta materia será de aplicación lo establecido en la ley de evaluación ambiental de Castilla y León.

La ley de aplicación será el decreto legislativo del 1/2015 del 12 de noviembre que corresponde a la ley de prevención ambiental de Castilla y León que nos indica en el anexo 1 sobre actividades sometidos a evaluación de impacto ambiental simplificada:

- “Plantas de captación de energía solar con potencia nominal igual o superior a 10 MW”

Además, hace referencia a la ley 21/2013 de la que indica que habrá que cumplir de manera adicional siempre que no se oponga o contradiga con lo dispuesto en la normativa autonómica de desarrollo.

En los anexos I y II de la ley 21/2013, de 9 de diciembre de evaluación ambiental modificada por la Ley 9/2018, de 5 de diciembre, se expone que han de someterse a evolución de impacto ambiental ordinaria o simplificada los proyectos de:

- “Instalaciones para la producción de energía eléctrica a partir de la energía solar destinada a su venta a la red, que no se ubiquen en cubiertas o tejados de edificios existentes y que ocupen más de 100 ha de superficie”
- Construcción de líneas para la transmisión de energía eléctrica (proyectos no incluidos en el anexo I) con un voltaje igual o superior a 15 kV, que tengan una longitud superior a 3 km, salvo que discurran

íntegramente en suelo subterráneo por suelo urbanizado, así como sus subestaciones asociadas”

El proyecto no se encuentra englobado en la ley autonómica ya que tiene una potencia nominal de 0,5 MW ni por la ley nacional ya que en el anexo I (evaluación ambiental ordinaria) tiene una ocupación de 1,5 ha y en el anexo II (evaluación ambiental simplificada) su longitud es de 20 metros, por lo que únicamente deberá tramitar la solicitud ambiental al Ayuntamiento de Monterrubio de Armuña para poder comenzar el proyecto.

## 20. ESTUDIO ECONÓMICO

Para hacernos una idea de la rentabilidad del proyecto se hará una simulación económica en el apartado 2.16 de los anejos de la memoria con los siguientes datos:

- Vida útil de la planta de 25 años
- Presupuesto total del proyecto de 344.926,13 €
- Producción de energía anual de 947 MW/h el primer año y 1% de pérdidas cada año
- Precio medio de compra de electricidad de 0,05 € el kWh

Los datos del estudio teniendo en cuenta los factores anteriormente citados, el payback con los valores calculados se encuentra en torno al año 11 del proyecto quedando aproximadamente la mitad de la vida útil del proyecto en beneficios.

Además, se ha realizado un estudio de sensibilidad con una variación tanto de la inversión inicial como de los flujos de caja durante la vida útil del proyecto obteniendo resultados favorables para la ejecución del mismo.

## 21. PLAZO DE EJECUCIÓN

El plazo de ejecución estimado tiene una duración de 45 días tras la concesión administrativa y la aprobación de todos los permisos, de los cuales un mes corresponde a la construcción del proyecto y los 15 días restantes para pruebas, organismos de control y aceptación tanto por industria como por la empresa distribuidora de energía como podemos ver en el diagrama de Gantt realizado en el anejo 2.15.

El comienzo de las obras está previsto para el 1 de septiembre de 2021 y su fecha final corresponde al 26 de octubre de ese mismo año.



## 22. CONCLUSIÓN

Se estima que con la presente memoria y demás documentos que acompañan y componen el proyecto en cuestión, se han descrito adecuadamente y contienen la suficiente justificación técnica para el desarrollo de la instalación descrita.



Valladolid, 27 de Junio del 2021

EI GRADUADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

Fdo. Sánchez Calles, Jesús

# ANEJOS DE LA MEMORIA



ÍNDICE ANEJOS DE LA MEMORIA:

1.	DATOS CLIMATOLÓGICOS .....	57
2.	CÁLCULOS.....	59
2.1.	ÁNGULO DE ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN .....	59
2.2.	DISTANCIA MÍNIMA ENTRE FILAS.....	60
2.3.	FACTOR DE ESCALA (FE).....	61
2.4.	PÉRDIDAS .....	62
2.4.1.	PÉRDIDAS POR ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN .....	62
2.4.2.	PÉRDIDAS POR SOMBRAS.....	62
2.5.	PERFORMANCE RATIO (PR) .....	63
2.6.	CÁLCULO DE LA PRODUCCIÓN .....	63
2.7.	CÁLCULO DE MÓDULOS EN SERIE.....	64
2.8.	CÁLCULO DE MÓDULOS EN PARALELO .....	68
2.9.	DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	69
2.10.	CÁLCULOS ELÉCTRICOS PARTE CORRIENTE CONTINUA .....	70
2.10.1.	CABLEADO .....	70
2.10.1.1.	Tramo 1: Cosido de módulos.....	72
2.10.1.2.	Tramo 2: Módulos en paralelo .....	72
2.10.2.	PROTECCIONES .....	73
2.10.2.1.	Fusibles.....	73
2.10.2.2.	Seccionador de corriente continua.....	74
2.11.	CÁLCULOS ELÉCTRICOS CORRIENTE ALTERNA .....	74
2.11.1.	CABLEADO .....	74
2.11.1.1.	Tramo 1: Parte de baja tensión.....	75
2.11.1.2.	Tramo 2: Del transformador al punto de conexión.....	77

2.11.2.	PROTECCIONES .....	79
2.11.2.1.	Cálculo del magnetotérmicos:.....	79
2.11.2.2.	Cálculo del diferencial: .....	80
2.12.	PUESTA A TIERRA .....	80
2.13.	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.....	82
2.14.	TRANSFORMADOR .....	82
2.14.1.	INTENSIDAD DEL PRIMARIO .....	82
2.14.2.	INTENSIDAD DEL SECUNDARIO .....	83
2.15.	PLAZO DE EJECUCIÓN .....	83
2.16.	ESTUDIO ECONÓMICO.....	85
3.	ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD .....	93
3.1.	INTRODUCCIÓN .....	93
3.1.1.	ASPECTOS GENERALES .....	93
3.1.2.	OBJETIVOS DE ESTUDIO .....	93
3.1.3.	ÁMBITO DE APLICACIÓN .....	93
3.2.	DATOS INFORMATIVOS DE LA OBRA.....	93
3.2.1.	EMPLAZAMIENTO .....	93
3.2.2.	PRESUPUESTO ESTIMADO.....	94
3.2.3.	PLAZO DE EJECUCIÓN.....	94
3.2.4.	NÚMERO DE TRABAJADORES.....	94
3.2.5.	ACTUACIÓN EN CASO DE ACCIDENTE .....	94
3.2.5.1.	Centros asistenciales más cercanos .....	94
3.2.5.2.	Servicios de emergencia.....	94
3.2.6.	CIRCULACIÓN DE PERSONAS AJENAS A LA OBRA .....	94
3.2.7.	SERVICIOS SANITARIOS Y COMUNES.....	94

3.2.7.1.	Instalaciones sanitarias de urgencia.....	94
3.2.7.2.	Servicios higiénicos.....	94
3.3.	DATOS DESCRIPTIVOS DE LA OBRA.....	95
3.3.1.	ESTADO ACTUAL DE LA ZONA.....	95
3.3.2.	ESTADO FINAL DE LA OBRA.....	95
3.3.3.	DESCRIPCIÓN DE OFICIOS, MATERIALES Y TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS ADOPTADAS.....	95
3.3.3.1.	Oficios .....	95
3.3.3.2.	Materiales.....	95
3.3.3.3.	Proceso constructivo.....	95
3.3.3.4.	Maquinaria.....	96
3.4.	IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS .....	96
3.4.1.	RIESGOS GENERALES.....	96
3.4.2.	RIESGOS ESPECÍFICOS.....	99
3.5.	PREVENCIÓN DE RIESGOS .....	101
3.5.1.	NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD Y SALUD .....	101
3.5.2.	MEDIDAS DE PROTECCIÓN COLECTIVAS.....	102
3.5.2.1.	Caída de personas al mismo nivel.....	102
3.5.2.2.	Caída de personas a distinto nivel .....	103
3.5.2.3.	Contactos eléctricos.....	103
3.5.2.4.	Atropellos, choques y vuelcos con maquinaria pesada .	103
3.5.2.5.	Derrumbe o sepultamiento .....	103
3.5.2.6.	Incendios y explosiones.....	104
3.5.3.	EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPI) .....	104
3.6.	DOCUMENTOS DEL PLAN DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES	
	106	

3.7.	FORMACIÓN A LOS TRABAJADORES EN PRL.....	107
3.8.	PRESUPUESTO.....	107
4.	FICHAS TÉCNICAS.....	110
4.1.	ESTRUCTURA SOPORTE .....	110
4.2.	MÓDULOS FOTOVOLTAICOS .....	111
4.3.	INVERSOR .....	113
4.4.	TRANSFORMADOR .....	115

#### ÍNDICE DE ILUSTRACIONES:

<i>Ilustración 1. Distancia mínima por sombras.....</i>	<i>61</i>
<i>Ilustración 2. Diagrama de gantt .....</i>	<i>84</i>
<i>Ilustración 3. Análisis de sensibilidad .....</i>	<i>91</i>

#### ÍNDICE DE TABLAS:

<i>Tabla 1. Datos climatológicos máximos.....</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 2. Radiación distintos planos inclinados .....</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 3. Radiación ángulo óptimo .....</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 4. Radiación de la instalación .....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 5. Estimación de pérdidas .....</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 6. Radiación en el emplazamiento.....</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 7. Elementos planta fotovoltaica.....</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 8. Características eléctricas planta fotovoltaica .....</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 9. Intensidad máxima admisible, en amperios, para cables con conductores de aluminio en instalación enterrada (servicio permanente).....</i>	<i>71</i>
<i>Tabla 10. Intensidad máxima admisible, en amperios, para cables con conductores de cobre en instalación enterrada (servicio permanente).....</i>	<i>71</i>

<i>Tabla 11. Valores para cálculo de cable corriente continua .....</i>	<i>72</i>
<i>Tabla 12. Sección calculada tramo corriente continua .....</i>	<i>72</i>
<i>Tabla 13. Valores para el cálculo de fusibles .....</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 14. Valores para el cálculo del seccionador de corriente continua .....</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 15. Valores para tramo 1 corriente alterna baja tensión .....</i>	<i>76</i>
<i>Tabla 16. Sección estimada tramo 1 corriente alterna baja tensión .....</i>	<i>76</i>
<i>Tabla 17. Valores para tramo 2 corriente alterna baja tensión .....</i>	<i>76</i>
<i>Tabla 18. Sección estimada tramo 2 corriente alterna baja tensión .....</i>	<i>77</i>
<i>Tabla 19. Sección mínima del conductor neutro en función de la sección de los conductores de fase .....</i>	<i>77</i>
<i>Tabla 20. Intensidades máximas admisibles (A) en servicio permanente y con corriente alterna. Cables unipolares aislados de hasta 18/30 kV directamente enterrados .....</i>	<i>78</i>
<i>Tabla 21. Densidad máxima admisible de corriente de cortocircuito, en A/ [ mm ] ^2, para conductores de aluminio .....</i>	<i>78</i>
<i>Tabla 22. Sección seleccionada parte enterrada en alta tensión .....</i>	<i>79</i>
<i>Tabla 23. Sección seleccionada parte aérea en alta tensión .....</i>	<i>79</i>
<i>Tabla 24. Valores para cálculo de magnetotérmicos .....</i>	<i>79</i>
<i>Tabla 25. Valores cálculo magnetotérmico general.....</i>	<i>80</i>
<i>Tabla 26. Sección mínima cable de puesta a tierra .....</i>	<i>81</i>
<i>Tabla 27. Beneficios y cobros durante vida útil del proyecto.....</i>	<i>86</i>
<i>Tabla 28. Gastos ordinarios durante la vida útil .....</i>	<i>87</i>
<i>Tabla 29. Flujo de caja de la inversión.....</i>	<i>88</i>
<i>Tabla 30. Rentabilidad del proyecto .....</i>	<i>89</i>
<i>Tabla 31. Resultados TIR y VAN del estudio económico .....</i>	<i>89</i>
<i>Tabla 32. Datos para estudio de sensibilidad .....</i>	<i>90</i>



<i>Tabla 33. Resultados análisis de sensibilidad .....</i>	<i>92</i>
<i>Tabla 34. Riesgos generales instalación eléctrica .....</i>	<i>99</i>
<i>Tabla 35. Riesgos específicos instalación eléctrica.....</i>	<i>101</i>
<i>Tabla 37. Equipos de protección a utilizar por tarea .....</i>	<i>106</i>
<i>Tabla 38. Presupuesto seguridad y salud.....</i>	<i>108</i>
<i>Tabla 39. Resumen presupuesto seguridad y salud.....</i>	<i>108</i>

## 1. DATOS CLIMATOLÓGICOS

La obtención de datos climáticos para el diseño del parque solar fotovoltaico, se ha realizado a través de las bases de datos PVGIS y NASA SOLAR SOURCE. Los datos geográficos de la ubicación de la planta fotovoltaica son:

- Latitud: 41,022163°
- Longitud: -5,646101°

Obtenemos la siguiente tabla con los valores máximos y mínimos de irradiación y temperatura media mensual de 8:00 am a 10:00 pm y a 2 metros de altura con la que puede trabajar la planta fotovoltaica.

Parámetros	Valores
Temperatura máxima	30.47 °C
Temperatura mínima	0.27 °C
Irradiancia máxima	790.90 W/m <sup>2</sup>
Irradiancia mínima	106.10 W/m <sup>2</sup>

Tabla 1. Datos climatológicos máximos

También obtenemos la radiación mensual para distintos planos inclinados en kWh/m<sup>2</sup>día:

Mes	0°	26°	41°	56°	90°
Enero	1.86	2.83	3.18	3.35	3.02
Febrero	2.68	3.61	3.89	3.95	3.28
Marzo	4.15	5.02	5.15	5.01	3.71
Abril	5.11	5.46	5.28	4.85	3.08
Mayo	6.10	6.06	5.63	4.98	2.83
Junio	7.15	6.88	6.24	5.38	2.76
Julio	7.31	7.14	6.53	5.67	2.95
Agosto	6.48	6.77	6.44	5.82	3.41
Septiembre	4.81	5.60	5.65	5.40	3.80
Octubre	2.88	3.67	3.87	3.86	3.08
Noviembre	1.99	2.88	3.19	3.31	2.91
Diciembre	1.59	2.49	2.83	3.00	2.76
Anual	4.34	4.87	4.82	4.55	3.13

Tabla 2. Radiación distintos planos inclinados

Y los ángulos óptimos para cada mes con su radiación:

Mes	Ángulo óptimo	Radiación (kWh/m <sup>2</sup> día)
Enero	61.50	3.37
Febrero	52.50	3.95
Marzo	40.50	5.15
Abril	24.00	5.46
Mayo	12.00	6.20
Junio	6.50	7.19
Julio	9.50	7.39
Agosto	20.00	6.80
Septiembre	36.00	5.67
Octubre	47.50	3.89
Noviembre	58.50	3.32
Diciembre	63.50	3.03

Tabla 3. Radiación ángulo óptimo

## 2. CÁLCULOS

### 2.1. ÁNGULO DE ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN

- Ángulo de orientación ( $\alpha$ ): Ángulo que adopta la cara del módulo respecto al horizonte, toma valores negativos hacia el este ( $-90^\circ$ ) y positivos hacia el oeste ( $90^\circ$ ). Como el proyecto está situado en el hemisferio norte, la orientación de los módulos será hacia el sur perfecto maximizando así la radiación solar de la zona, obteniendo un valor del ángulo de orientación de  $\alpha=0^\circ$ .
- Ángulo de inclinación ( $\beta$ ): Ángulo que forma el módulo respecto a la superficie horizontal. Podemos obtener el ángulo  $\beta_{promedio}$  mediante la siguiente ecuación:

$$\beta_{promedio} = 3,7 + 0,69 * \phi$$

siendo  $\phi$  la latitud del emplazamiento.

En nuestro caso, con una latitud de  $41,022163^\circ$ , obtenemos un  $\beta_{promedio} \cong 32^\circ$ .

Este ángulo corresponde a la mejor inclinación media durante todo el año, en nuestro caso, debido a las condiciones climatológicas de la zona, queremos maximizar la producción de energía en los meses de verano, para ello, restaremos  $10^\circ$  de inclinación al  $\beta_{promedio}$ .

$$\beta_{optimo} = \beta_{promedio} - 10^\circ$$

Con esta fórmula, obtenemos un ángulo óptimo de  $22^\circ$ .

La inclinación de los módulos está fijada por la estructura metálica donde van apoyados, el ángulo utilizado será de  $25^\circ$  al estar más estandarizado.

Para el cálculo de radiación para  $25^\circ$  de inclinación, tenemos que multiplicar por el factor de corrección  $k$  en una latitud de  $41^\circ$  obteniendo:

Meses	Radiación superficie horizontal (kWh/m <sup>2</sup> día)	Factor K a 25°	Radiación a 25° (kWh/m <sup>2</sup> día)
Enero	1,86	1,31	2,4366
Febrero	2,68	1,24	3,3232
Marzo	4,15	1,17	4,8555
Abril	5,11	1,09	5,5699
Mayo	6,1	1,03	6,283
Junio	7,15	1,01	7,2215
Julio	7,31	1,03	7,5293
Agosto	6,48	1,1	7,128
Septiembre	4,81	1,2	5,772
Octubre	2,88	1,32	3,8016
Noviembre	1,99	1,39	2,7661
Diciembre	1,59	1,37	2,1783

Tabla 4. Radiación de la instalación

## 2.2. DISTANCIA MÍNIMA ENTRE FILAS

Para evitar la sombra que producen los módulos, es necesario calcular la distancia mínima horizontal que deben tener las filas entre ellas, garantizando así la máxima producción de energía eléctrica.

Para calcular la distancia mínima que debemos dejar entre filas utilizaremos la siguiente fórmula:

$$d_2 = L * \left( \frac{\text{sen}\gamma}{\text{tg}\varepsilon} + \text{cos}\gamma \right)$$

$$d_1 = d_2 - L * \text{cos}\gamma$$

Donde:

L: Distancia inclinada de la estructura, 4770 mm.

$\gamma$ : Inclinación de los módulos, 25°.

$\varepsilon$ : Altura solar.

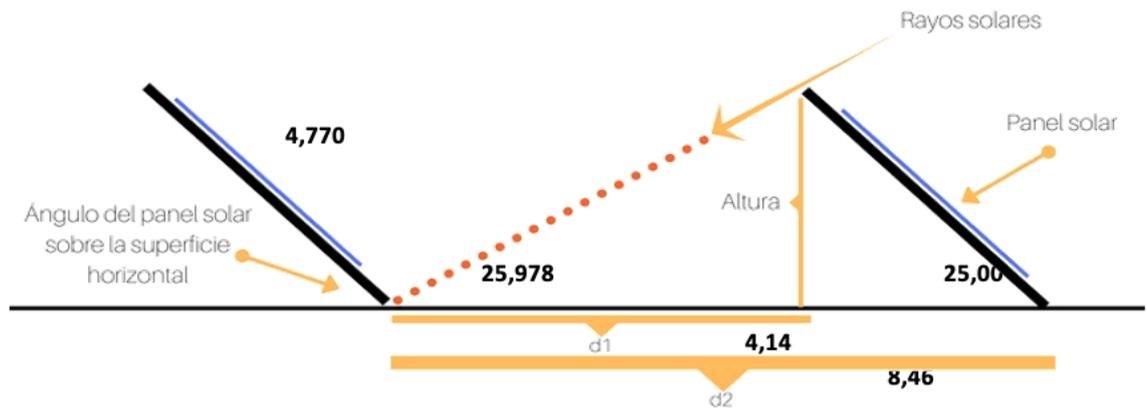


Ilustración 1. Distancia mínima por sombras

La altura solar se calculará para el día más corto del año, día que genera más sombra, que corresponde con el 21 de diciembre. Para calcularla usaremos esta ecuación:

$$\varepsilon = 67 - \phi$$

Donde  $\phi$  es la latitud, que nos da una altura solar de  $25,977837^\circ$ . Con este resultado obtenemos unos valores de:

$$d_1 = 4,14 \text{ m}$$

$$d_2 = 8,460 \text{ m}$$

La distancia mínima  $d_1$  para no generar sombras debido a los módulos es de 4,14 m, aunque para el proyecto se dejarán 4,5 m de distancia entre filas.

### 2.3. FACTOR DE ESCALA (FE)

El factor de escala es la relación entre el  $kW_p$  y el  $kW_n$ .

$$FE = \frac{kW_p}{kW_n}$$

El  $kW_p$  representa a la potencia total generada por los módulos y el  $kW_n$  la potencia total de los inversores.

Debido a que la potencia de los módulos está medida en condiciones STC, que no son las reales de funcionamiento, debemos asignar un factor de escala para maximizar la producción de la planta aprovechando de esta manera los 500 kWn de potencia de partida.

El factor en condiciones normales debe estar comprendido entre 1 y 1,3.

El proyecto tiene los siguientes valores:

- Potencia pico:  $kW_p = 592500W$
- Potencia nominal:  $kW_n = 500000W$

Donde obtenemos un valor de  $FE = 1,185$ .

## 2.4. PÉRDIDAS

Las pérdidas de la instalación fotovoltaica se dividen en dos tipos:

- Pérdidas fijas
  - Performance ratio (PR)
- Pérdidas variables
  - Pérdidas por orientación e inclinación
  - Pérdidas por sombras

### 2.4.1. PÉRDIDAS POR ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN

Para el cálculo de pérdidas por orientación e inclinación utilizaremos la siguiente fórmula:

$$P_{oi} = 100 * [1,2 * 10^{-4} * (\beta - \phi + 10)^2 + 3,5 * 10^{-5} * \alpha^2]$$

Donde:

$\beta$ : Inclinación de los módulos

$\phi$ : Latitud de la ubicación

$\alpha$ : Ángulo azimut

Obteniendo unas pérdidas por orientación e inclinación del 0,435%.

### 2.4.2. PÉRDIDAS POR SOMBRAS

Las sombras en el parque fotovoltaico se pueden dividir en dos grupos:

- Sombras propias: Sombras provocadas por elementos de la propia instalación. Las más importantes se deben a las sombras provocadas por la separación entre filas de los propios módulos fotovoltaicos que veremos con más detalle en el próximo apartado. Tanto el centro de baja tensión como el centro de transformación irán ubicados a una distancia suficiente para que no existan peligros por sombras.
- Sombras ajenas: Sombras provocadas por objetos cercanos. Debemos tener en cuenta varios elementos que debemos evitar que sombreen el parque fotovoltaico.
  - Vallado perimetral exterior.
  - Sombras provocadas por las parcelas colindantes o caminos

laterales.

Para tener seguridad ante estas posibles sombras, el parque solar tendrá un retranqueo de 15 metros respecto a los límites de la parcela.

En el proyecto, consideraremos nulas las pérdidas por sombras ya que no existe ningún edificio u objeto que ocasione sombras de forma permanente.

## 2.5. PERFORMANCE RATIO (PR)

Son las pérdidas del sistema que no podemos evitar, ya que se deben a las características propias de los equipos, nos podemos hacer una idea con la siguiente tabla:

Factor de pérdidas	Valor
Dispersión de parámetros entre los módulos que componen el generador	2-4%
Temperatura de funcionamiento de los módulos	5-8%
Conversión DC/AC realizada por el inversor	8-12%
Efecto Joule en los cables	2-3%
Conversión BT/MT realizada por el transformador	2-3%
Disponibilidad del sistema	0,5-1%

Tabla 5. Estimación de pérdidas

Además, se ha de considerar una pérdida de rendimiento medio del 10% a lo largo de la vida útil de los módulos que será compensado por el sobredimensionamiento del 18,4% de la potencia nominal de la planta.

De donde podemos estimar que tendremos un PR comprendido entre 75-82%.

## 2.6. CÁLCULO DE LA PRODUCCIÓN

Para el cálculo de la producción utilizaremos la radiación total que vamos a recibir y las horas solares pico obtenidas de la base de datos de la NASA.

Los siguientes valores corresponden a la radiación estimada para nuestro emplazamiento.

Mes	Radiación (kWh/m <sup>2</sup> día)
Enero	3.33
Febrero	4.43
Marzo	5.51
Abril	5.53
Mayo	6.28
Junio	7.97
Julio	8.59
Agosto	7.95
Septiembre	6.28
Octubre	4.02
Noviembre	3.29
Diciembre	2.90
Media	5.51

Tabla 6. Radiación en el emplazamiento

Obteniendo una radiación efectiva de  $5,51 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \text{ día}}$ .

Las pérdidas totales de la instalación serán la suma de todas las pérdidas calculadas.

$$P_{\text{totales}} = P_{\text{oi}} + PR + P_{\text{sombras}}$$

Suponiendo un PR del 80%, las pérdidas totales de la instalación son 20,435%. La energía anual de nuestra instalación es:

$$\text{Energía anual} = 5,51 * 365 * (592,5) * 0,79565 = 947301,5265 \text{ kWh}$$

Que corresponde a una energía anual esperada aproximada de 947 MWh/año.

## 2.7. CÁLCULO DE MÓDULOS EN SERIE

Para el cálculo del número de módulos en serie debemos tener en cuenta tres aspectos:

1. El voltaje total de un string es la suma de los voltajes de los módulos

$$V_{string} = \sum V_{módulos}$$

2. El voltaje de los módulos depende de la temperatura de la celda

$$V_{OC}(Tc) = V'_{OC} - 2,3 * 10^{-3} * (Tc - Tc')$$

3. La temperatura de la celda depende de la temperatura ambiente y de la radiación

$$Tc = Ta + G * \frac{NOCT - 20}{800}$$

El número de módulos que se pueden poner en serie será limitado por la tensión máxima admisible del inversor, y más concretamente por el rango de funcionamiento del MPPT (seguidor del punto de máxima potencia) del inversor.

La ficha técnica del módulo nos muestra las características técnicas en condiciones STC (standard test conditions), que corresponden a una temperatura ambiente de 25° y 1000 W/m<sup>2</sup> de irradiación incidente sobre el módulo.

Dichas características van a variar de las condiciones reales, por lo que debemos recalcularlas para el día más desfavorable en nuestro emplazamiento interpolando entre los dos puntos de trabajo ofrecidos por el fabricante (STC Y NOCT).

Las condiciones NOCT corresponden a una temperatura ambiente de 20° y una irradiancia de 800 W/m<sup>2</sup> sobre el módulo.

Para el cálculo de módulos en serie, tenemos en cuenta tres condiciones:

1.  $V_{string} < V_{Máximo\ del\ inversor}$
2.  $V_{string} < V_{Máximo\ MPPT}$
3.  $V_{string} > V_{mínimo\ MPPT}$

Calculamos las tres condiciones y cogemos las más estrictas:

- Condición 1:

$$N^{\circ} \text{módulos condición 1} = \frac{V_{\text{Máximo inversor}}}{V_{\text{oc máximo condiciones reales}}}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} V_{OC}(T_{c_{min}}) = V'_{OC} - 2,3 * 10^{-3} * (T_{c_{min}} - T_{c'}) \\ T_{c_{min}} = T_{a_{min}} + G_{min} * \frac{NOCT - 20}{800} \end{array} \right.$$

Siendo  $V'_{OC}$  y  $T_{c'}$  los valores en condiciones STC facilitados en la ficha técnica.

- $V'_{OC} = 49,45 \text{ V}$
- $T_{c'} = 25^{\circ}\text{C}$
- $NOCT = 45^{\circ}\text{C}$

Con las características del módulo y los valores ambientales obtenidos en el anejo 1 para nuestro emplazamiento, obtenemos los valores críticos de temperatura de la celda y voltaje en ese punto:

$$T_{c_{min}} = 3,58^{\circ}\text{C}$$

$$V_{OC}(T_{c_{min}}) = 49,50 \text{ V}$$

$$N^{\circ} \text{módulos condición 1} = \frac{V_{\text{Máximo inversor}}}{V_{\text{oc máximo condiciones reales}}} = \frac{1000}{49,50} = 20,02 \text{ módulos}$$

- Condición 2:

$$N^{\circ} \text{módulos condición 2} = \frac{V_{\text{mppt Máximo inversor}}}{V_{\text{módulo punto de máxima potencia}}}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} V_{OC}(T_{c_{max}}) = V'_{OC} - 2,3 * 10^{-3} * (T_{c_{max}} - T_{c'}) \\ T_{c_{max}} = T_{a_{max}} + G_{max} * \frac{NOCT - 20}{800} \end{array} \right.$$

En este caso, la máxima potencia se va a dar en el punto de máxima irradiación.

$$V_{mpp} = V_{OC}(T_{C_{max}}) * \frac{V_{mpp}'}{V_{oc}}$$

Obtenemos unos valores de:

$$T_{C_{max}} = 55,18 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$V_{OC}(T_{C_{max}}) = 49,38 \text{ V}$$

$$V_{mpp} = 41,09 \text{ V}$$

$$N^{\circ} \text{módulos condición 2} = \frac{V_{mppt} \text{ Máximo inversor}}{V_{\text{módulo punto de máxima potencia}}} = \frac{1000}{41,09} = 24,34 \text{ módulos}$$

- Condición 3:

$$N^{\circ} \text{módulos condición 3} = \frac{V_{mppt} \text{ mínimo inversor}}{V_{\text{módulo punto de máxima potencia}}}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} V_{OC}(T_{C_{max}}) = V'_{OC} - 2,3 * 10^{-3} * (T_{C_{max}} - T_{c'}) \\ T_{C_{max}} = T_{a_{max}} + G_{max} * \frac{NOCT - 20}{800} \end{array} \right.$$

En este caso, la máxima potencia se va a dar en el punto de máxima irradiación.

$$V_{mpp} = V_{OC}(T_{C_{max}}) * \frac{V_{mpp}'}{V_{oc}}$$

Obtenemos unos valores de:

$$T_{C_{max}} = 55,18 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$V_{OC}(T_{C_{max}}) = 49,38 \text{ V}$$

$$V_{mpp} = 41,01 \text{ V}$$

$$N^{\circ} \text{módulos condición 2} = \frac{V_{\text{mppt mínimo inversor}}}{V_{\text{módulo punto de máxima potencia}}} = \frac{590}{41,01} = 14,39 \text{ módulos}$$

Para que la planta opere en óptimas condiciones, el número de módulos por string debe estar comprendido entre las condiciones más estrictas.

El número de módulos conectados en serie correspondiente a un string será de 20 módulos.

## 2.8. CÁLCULO DE MÓDULOS EN PARALELO

El número máximo de strings conectados en paralelo está limitado por la corriente continua máxima a la entrada del inversor.

Igual que para el cálculo de módulos en serie, debemos recalculamos el valor de intensidad de cortocircuito de los módulos para nuestras condiciones climáticas más desfavorables.

Para calcularlo utilizaremos las siguientes fórmulas:

$$N^{\circ} \text{strings en paralelo} = \frac{I_{\text{máxima de entrada del inversor}}}{I_{\text{SC máx}}}$$

$$I_{\text{SC máx}} = G_{\text{max}} * \frac{I_{\text{SC}'}}{G'}$$

La intensidad de cortocircuito máxima calculada de los módulos para nuestro emplazamiento es de 8,19 A

Por lo tanto:

$$N^{\circ} \text{strings en paralelo} = \frac{I_{\text{DC entrada del inversor}}}{I_{\text{SC máx}}} = \frac{180 \text{ A}}{8,19 \text{ A}} = 21,98 \text{ strings en paralelo}$$

El número máximo de strings que se pueden poner en paralelo por inversor es de 22 strings, aunque solo conectaremos 15.

## 2.9. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

El resumen de la planta solar fotovoltaica es:

Planta fotovoltaica	
Potencia nominal	500 kW
Potencia pico	592.500 W
Sobredimensionamiento	18,50%
Módulos Sharp NU-JB395	
Unidades	1500 ud.
Potencia	395 W
Strings	
Unidades	75 ud.
Nº de módulos por string	20 ud.
Inversor Sunny HighPower Peak 3	
Unidades	5
Potencia	100 kW
Nº de strings por inversor	15

Tabla 7. Elementos planta fotovoltaica

El resumen de las características eléctricas es:

Características	Por módulo	Por String	Por inversor	Total
Unidades	1	20 módulos	15 strings	5 inversores
Potencia máxima nominal	395 W	7.900 W	118.500 W	592.500 W
Tensión a potencia máxima	41,07 V	821,4 V	821,4 V	821,4 V
Intensidad a potencia máxima	9,62 A	9,62 A	144,3 A	721,5 A
Tensión circuito abierto	49,45 V	989 V	989 V	989 V
Intensidad cortocircuito	10,35 A	10,35 A	155,25 A	776,25 A

Tabla 8. Características eléctricas planta fotovoltaica

## 2.10. CÁLCULOS ELÉCTRICOS PARTE CORRIENTE CONTINUA

### 2.10.1. CABLEADO

La parte de corriente continua tiene dos tramos de cableado diferentes:

- Tramo 1: cosido de los módulos
- Tramo 2: de los módulos al inversor

Para el cálculo de la sección debemos cumplir con la normativa ITC-BT-07:

- Criterio de máxima temperatura permanente admisible: El cable debe soportar una temperatura en servicio permanente de 90 °C, para poder cumplir la normativa se usará en este tramo cable con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE).
- Criterio de caída de tensión máxima admisible: El porcentaje de caída de tensión en corriente continua debe ser como máximo de 1,5%.

Para el cálculo de la sección utilizamos la siguiente fórmula:

$$S = \frac{2 * P * L}{c * e * V}$$

Donde:

S: sección ( $mm^2$ )

P: potencia de la línea (W)

L: longitud del cable (m)

c: conductividad del material

e: caída de tensión admisible (V)

V: tensión de servicio (V)

Se realizarán todos los cálculos partiendo de las longitudes más desfavorables para cada tramo.

- Criterio de intensidad máxima permanente admisible: Según la normativa ITC-BT-40, la intensidad máxima que debe aguantar el cable debe tener un sobredimensionamiento de al menos el 25% de la intensidad de cortocircuito.

$$I_{\text{máx}} = 1,25 I_{\text{sc}}$$

Los valores usados para el cálculo de la intensidad máxima admisible para conductores de cobre y aluminio serán los extraídos del reglamento resumidos en las siguientes tablas:

SECCIÓN NOMINAL mm <sup>2</sup>	Terna de cables unipolares (1) y (2)			1 cable tripolar o tetrapolar (3)		
	TIPO DE AISLAMIENTO					
						
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
16	97	94	86	90	86	76
25	125	120	110	115	110	98
35	150	145	130	140	135	120
50	180	175	155	165	160	140
70	220	215	190	205	220	170
95	260	255	225	240	235	210
120	295	290	260	275	270	235
150	330	325	290	310	305	265
185	375	365	325	350	345	300
240	430	420	380	405	395	350
300	485	475	430	460	445	395
400	550	540	480	520	500	445
500	615	605	525	—	—	—
630	690	680	600	—	—	—

Tabla 9. Intensidad máxima admisible, en amperios, para cables con conductores de aluminio en instalación enterrada (servicio permanente)

SECCIÓN NOMINAL mm <sup>2</sup>	Terna de cables unipolares (1) y (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 10. Intensidad máxima admisible, en amperios, para cables con conductores de cobre en instalación enterrada (servicio permanente)

### 2.10.1.1. Tramo 1: Cosido de módulos

El primer tramo que tendremos será para la conexión en serie de los propios módulos de cada string, este cosido se realizará del modo leapfrog.

Este cable es de sección de  $4 \text{ mm}^2$  y una longitud de 1,25 m que estarán incluidos en cada módulo.

En la salida de este tramo tenemos dos cables (positivo y negativo) que se conectarán al siguiente tramo mediante conectores MC4.

### 2.10.1.2. Tramo 2: Módulos en paralelo

Se trata de un tramo donde el cableado irá por bandejas metálicas a la intemperie recorriendo todas las estructuras de este a oeste durante una distancia de 170 m y después 30 metros de manera subterránea en tubos, el cable utilizado para este tramo será de aluminio. Los cálculos se han realizado para el caso más crítico.

Los valores para los cálculos han sido:

Variable	Valor
P	118500 W
L	200 m
c	28
e	14,835 V
V	989 V

Tabla 11. Valores para cálculo de cable corriente continua

Con estos valores obtenemos una sección mínima en este tramo de  $115.38 \text{ mm}^2$ .

Los coeficientes utilizados para este cálculo son:

- Terna de cables unipolares
- Material de aislamiento de polietileno reticulado (XLPE)
- Temperatura del terreno de  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ .
- Profundidad de instalación de 0,70 m.
- Resistividad térmica del terreno  $1 \text{ K.m/W}$

La sección superior normalizada para este tramo es de  $150 \text{ mm}^2$  de aluminio.

Los valores con la sección seleccionada quedan:

Tramo 2 (Corriente continua)	
Sección elegida	$150 \text{ mm}^2$
Caída de tensión máxima	1,15%
Sobredimensionamiento de intensidad	112,56 %

Tabla 12. Sección calculada tramo corriente continua

Como podemos observar, la sección seleccionada cumple la normativa tanto de máxima caída de tensión como de sobreintensidad.

### 2.10.2. PROTECCIONES

Las protecciones de la planta fotovoltaica en corriente continua que debemos calcular son:

- Fusibles
- Seccionadores de corriente continua

#### 2.10.2.1. Fusibles

Los fusibles irán instalados en la conexión de cada string con el resto de mesas en paralelo.

Para el cálculo de los fusibles debemos tener en cuenta que el calibre se encuentre entre la intensidad máxima que puede aguantar el cable para que no llegue a quemarse y la intensidad que pasa normalmente por el cable para que no salte sin motivo.

El objetivo de los fusibles es proteger la planta frente a sobreintensidades.

El voltaje de los fusibles será suficiente para que no salte en condiciones normales de funcionamiento de la planta ya que la protección contra sobrevoltajes está incluida en el inversor.

Los datos para el cálculo de los fusibles son:

Intensidad	
Intensidad circuito abierto	10,35 A
Intensidad nominal del fusible	15 A
Intensidad soportada por el cable	330 A
Voltaje	
Voltaje circuito abierto	989 V
Voltaje del fusible	1500 V

Tabla 13. Valores para el cálculo de fusibles

De esta manera se consigue que, ante un posible fallo de los módulos, se funda el fusible lo antes posible y proteger la planta de ese fallo.

Los fusibles serán de tipo gPV, óptimos para aplicaciones fotovoltaicas de la marca Df electric con un número de referencia 492229 y las siguientes características eléctricas:

- Voltaje en DC: 1500 V
- Intensidad nominal: 15 A

### 2.10.2.2. Seccionador de corriente continua

Los seccionadores de corriente continua irán en serie antes de cada inversor en la caseta prefabricada.

Para el cálculo de los seccionadores debemos tener en cuenta que la intensidad de este se encuentre por debajo de la intensidad máxima que puede aguantar el inversor a su entrada.

Los datos para el cálculo del seccionador son:

Intensidad	
Intensidad circuito abierto	155,25 A
Intensidad nominal del seccionador	160 A
Intensidad máxima entrada inversor	180 A
Intensidad soportada por el cable	330 A
Voltaje	
Voltaje circuito abierto	989 V
Voltaje del seccionador	1500 V
Voltaje soportado por el cable	1500 V

Tabla 14. Valores para el cálculo del seccionador de corriente continua

Los 5 seccionadores seleccionados serán iguales, de la marca telergon con referencia S6N0160USS0 y las siguientes características eléctricas:

- Voltaje en DC: 1500 V
- Intensidad nominal: 160 A

## 2.11. CÁLCULOS ELÉCTRICOS CORRIENTE ALTERNA

### 2.11.1. CABLEADO

En la parte de corriente alterna tendremos dos tramos:

- Tramo 1: Parte de baja tensión
- Tramo 2: Parte de alta tensión

Para el tramo de baja tensión, la sección de cable debe cumplir tres condiciones para que cumpla la normativa ITC-BT-07:

- Criterio de máxima temperatura permanente admisible: El cable debe soportar una temperatura en servicio permanente de 90 °C. Al igual que en corriente continua usaremos cable de aislamiento de polietileno reticulado (XLPE).
- Criterio de caída de tensión máxima admisible: El porcentaje de caída de tensión en corriente alterna debe ser como máximo del 2%.

Para el cálculo de la sección utilizamos la siguiente fórmula:

$$S = \frac{\sqrt{3} * I * L}{c * e} \cos(\theta)$$

Donde:

- S: Sección ( $mm^2$ )
- I: Intensidad (A)
- L: Longitud del cable (m)
- c: Conductividad del material
- e: Caída de tensión admisible (V)
- $\cos(\theta)$ : Factor de potencia

- Criterio de intensidad máxima permanente admisible: Según la normativa ITC-BT-40, la intensidad máxima que debe aguantar el cable debe tener un sobredimensionamiento de al menos el 25% de la intensidad de cortocircuito.

$$I_{\text{máx}} = 1,25 I_{\text{sc}}$$

En la normativa ITC-BT-7 obtenemos las siguientes tablas para su dimensionamiento.

Los valores para su cálculo son:

- Terna de cables tripolar
- Material de aislamiento de polietileno reticulado (XLPE)
- Temperatura del terreno 25 °C.
- Profundidad de instalación 0,70 m.
- Resistividad térmica del terreno 1 K.m/W

#### 2.11.1.1. Tramo 1: Parte de baja tensión

Dentro de la parte de baja tensión hay dos zonas con distinto cableado:

- Desde el inversor hasta el embarrado
- Desde el embarrado al transformador

[Desde el inversor al embarrado](#)

Los valores para el tramo desde el inversor al embarrado son:

Variable	Valor
I	151 A
L	10 m
c	44
e	8 V
cos ( $\theta$ )	1
V	400 V
P	100000 W

Tabla 15. Valores para tramo 1 corriente alterna baja tensión

Para este caso, la condición más estricta es debido al criterio de intensidad máxima, la sección de cable seleccionada normalizada es de  $35 \text{ mm}^2$  por fase de cobre y aislamiento de polietileno reticulado (XLPE).

Tramo 1.1 (Corriente alterna)	
Sección seleccionada	$35 \text{ mm}^2$
Caída de tensión máxima	0.424%
Sobredimensionamiento de intensidad	25.83%

Tabla 16. Sección estimada tramo 1 corriente alterna baja tensión

Desde el embarrado al transformador

Los valores para el tramo desde el inversor al embarrado son:

Variable	Valor
I	755 A
L	10 m
c	44
e	8 V
cos ( $\theta$ )	1
V	400 V
P	500000 W

Tabla 17. Valores para tramo 2 corriente alterna baja tensión

Para este caso, la condición más estricta es debido al criterio de intensidad máxima, la sección de cable seleccionada normalizada es de  $3 \times 95 \text{ mm}^2$  por fase de cobre con aislamiento XLPE.

<b>Tramo 1.2 (Corriente alterna)</b>	
Sección seleccionada	3 x 95 mm <sup>2</sup>
Caída de tensión máxima	0.13%
Sobredimensionamiento de intensidad	33.11%

Tabla 18. Sección estimada tramo 2 corriente alterna baja tensión

La sección seleccionada para el neutro es de 3x50 mm<sup>2</sup> siguiendo la normativa ITC-BT-07.

Conductores fase (mm <sup>2</sup> )	Sección neutro (mm <sup>2</sup> )
6 (Cu)	6
10 (Cu)	10
16 (Cu)	10
16 (Al)	16
25	16
35	16
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185

Tabla 19. Sección mínima del conductor neutro en función de la sección de los conductores de fase

#### 2.11.1.2. Tramo 2: Del transformador al punto de conexión

Para el tramo de alta tensión, el cálculo para la sección del conductor debe cumplir la normativa ITC-LAT-06.

Las intensidades máximas admisibles estimadas para las distintas secciones en corriente alterna se encuentran en la siguiente tabla:

Sección (mm <sup>2</sup> )	EPR		XLPE		HEPR	
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
25	125	96	130	100	135	105
35	145	115	155	120	160	125
50	175	135	180	140	190	145
70	215	165	225	170	235	180
95	255	200	265	205	280	215
120	290	225	300	235	320	245
150	325	255	340	260	360	275
185	370	285	380	295	405	315
240	425	335	440	345	470	365
300	480	375	490	390	530	410
400	540	430	560	445	600	470

Tabla 20. Intensidades máximas admisibles (A) en servicio permanente y con corriente alterna. Cables unipolares aislados de hasta 18/30 kV directamente enterrados

Para el cálculo de la densidad máxima admisible utilizaremos la siguiente tabla:

Tipo de aislamiento	$\Delta\theta^*$ (K)	Duración del cortocircuito, tcc, en segundos									
		0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
PVC:											
sección $\leq$ 300 mm <sup>2</sup>	90	240	170	138	107	98	76	62	53	48	43
sección $>$ 300 mm <sup>2</sup>	70	215	152	124	96	87	68	55	48	43	39
XLPE, EPR y HEPR	160	298	211	172	133	122	94	77	66	59	54
HEPR U <sub>0</sub> /U <sub>≤</sub> 18/30 kV	145	281	199	162	126	115	89	73	63	56	51

Tabla 21. Densidad máxima admisible de corriente de cortocircuito, en A/ [mm]<sup>2</sup>, para conductores de aluminio

Donde  $\Delta\theta$  es la diferencia entre la temperatura de servicio permanente y la temperatura de cortocircuito.

Además de cumplir con la normativa ITC-LAT-06, debemos cumplir con la normativa para poder realizar la conexión de la empresa de distribución 'i-DE redes eléctricas inteligentes'.

Los conductores seleccionados para el tramo de alta tensión serán distintos para el tramo subterráneo y para el tramo aéreo.

El tipo de cable para el tramo enterrado será XLPE-Z1 de Al 240 mm<sup>2</sup> y para la parte aérea LAAT SC conductor LA-145 Y 147,1 mm<sup>2</sup> de sección.

Tramo 2.1 Parte alta tensión enterrada	
Sección seleccionada	240 mm <sup>2</sup>
Caída de tensión máxima	0.13%
Sobredimensionamiento de intensidad	33.11%

Tabla 22. Sección seleccionada parte enterrada en alta tensión

Tramo 2.2 Parte alta tensión aérea	
Sección seleccionada	147.1 mm <sup>2</sup>
Caída de tensión máxima	0.13%
Sobredimensionamiento de intensidad	33.11%

Tabla 23. Sección seleccionada parte aérea en alta tensión

### 2.11.2. PROTECCIONES

Las protecciones de baja tensión corresponden a magnetotérmicos y diferenciales.

Las protecciones de tipo magnetotérmico sirven para proteger el cable de sobretensiones y sobrecorrientes.

Los diferenciales se usan para detectar derivaciones a tierra por contacto.

#### 2.11.2.1. Cálculo del magnetotérmicos:

En el proyecto existen magnetotérmicos a la salida de cada inversor y un magnetotérmico general de toda la planta.

Para el cálculo de los magnetotérmicos usaremos la siguiente fórmula:

$$I_D \leq I_N \leq I_Z$$

$$1,6I_N \leq 1,45I_Z$$

Donde:

$I_N$ : Intensidad nominal (Calibre del magnetotérmico)

$I_Z$ : Intensidad máxima admisible del cable

$I_D$ : Intensidad de diseño (la que pasa por el cable)

Los valores utilizados para el cálculo de los magnetotérmicos individuales son:

Variables	Valor
Corriente de diseño	151 A
Corriente adm. por el cable	190 A

Tabla 24. Valores para cálculo de magnetotérmicos

Con estos datos obtenemos un calibre del magnetotérmico de 172 A. El magnetotérmico escogido es de la marca Schneider modelo NSX250F TM200D 4P4R con intensidad regulable entre 140/200 A y se dejará regulado a 175 A.

Los valores utilizados para el cálculo del magnetotérmico general son:

Variables	Valor
Corriente de diseño	755 A
Corriente adm. por el cable	1005 A

Tabla 25. Valores cálculo magnetotérmico general

Con estos datos obtenemos un calibre del magnetotérmico de 910 A. El magnetotérmico escogido es de la marca Schneider modelo NS 1000 N 4P con intensidad regulable entre 400/1000 A y se dejará regulado a 900 A.

#### 2.11.2.2. Cálculo del diferencial:

Para el cálculo de la protección diferencial usaremos la siguiente fórmula:

$$1,4 * I_{\text{Magnetotérmico}} \leq I_{\text{Diferencial}}$$

La protección diferencial, aplicando la fórmula, tendrá un calibre de 1260 A. Consiste en un toroide cerrado tipo A de la marca Vigirex modelo GA300 con un diámetro interior de 300 mm que irá colocado a la salida del magnetotérmico general conectado a un relé diferencial con una sensibilidad de 300 mA y 3 polos al ser la línea trifásica

#### 2.12. PUESTA A TIERRA

El cálculo de puesta a tierra se realizará conforme al reglamento electrónico para baja tensión (REBT), concretamente en la instrucción técnica complementaria ITC-BT-18 para instalaciones de puesta a tierra.

La puesta a tierra se diseñará para que no se generen tensiones de contacto superiores a 24 V. Como la planta dispone de un dispositivo diferencial de 300 mA, la máxima resistencia para la toma de tierra es:

$$R_{max} = \frac{V_{ca}}{I_d} = \frac{24}{0.3} = 80 \Omega$$

Aunque según el reglamento permita una resistencia máxima de 80  $\Omega$ , se impondrá que, en la planta, la resistencia máxima no supere los 10  $\Omega$ .

Se determina una resistividad media del terreno de 500 Ohm.m que corresponde a terraplenes cultivables poco fértiles.

Con el fin de unificar todos los tramos, se harán los cálculos para el caso más desfavorable.

Secciones de los conductores de fase o polares de la instalación (mm <sup>2</sup> )	Secciones mínimas de los conductores de protección (mm <sup>2</sup> )
$S \leq 16$	$S^{(*)}$
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$S/2$

(\*) Con un mínimo de:

- 2,5 mm<sup>2</sup> si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y tienen una protección mecánica.
- 4 mm<sup>2</sup> si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y no tienen una protección mecánica.

Tabla 26. Sección mínima cable de puesta a tierra

Se adoptará con carácter general una sección de 60 mm<sup>2</sup> de cobre desnudo que corresponde a la sección crítica. La profundidad mínima del conductor será de 0,8 metros que estarán hincadas verticalmente en el terreno.

Las picas serán de cobre con una longitud de 2 metros y 14 mm de diámetro.

La longitud del conductor de cobre enterrado será mínimo 50 metros.

Para el cálculo de la resistencia usaremos la fórmula:

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_c} + \frac{1}{R_p}$$

Donde,

$R_t$ : Resistencia total

$R_c$ : Resistencia del conductor enterrado

$R_p$ : Resistencia de las picas

La resistencia del conductor enterrado es:

$$R_c = \frac{2\rho}{L} = \frac{2 * 500}{50} = 20 \Omega$$

Donde  $\rho$  es la resistividad del terreno y L la longitud del conductor enterrado.

Sustituyendo en la ecuación anterior, obtenemos la resistencia de las picas:

$$\frac{1}{10} = \frac{1}{20} + \frac{1}{R_p}$$

Obteniendo un valor de resistencia de las picas de  $20 \Omega$ .

Para obtener el mínimo número de picas, despejamos la ecuación:

$$R_p = \frac{\rho}{n^{\circ} \text{ de picas} * L} = 12,5 \text{ picas}$$

Donde  $\rho$  es la resistividad del terreno y L corresponde a la longitud de las picas (2 metros).

De esta manera obtenemos una resistencia total de puesta a tierra de máximo  $10 \Omega$ .

### 2.13. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

El centro de transformación será una caseta prefabricada que irá instalada directamente sobre el terreno y tiene las siguientes características según el fabricante:

- Carpintería metálica.
- Fabricación en base de acero en chapa galvanizada, pintada con pintura tipo poliéster.
- Ventilación natural. Circulación natural de aire por ventanas practicadas en el hormigón y cubiertas con sus correspondientes rejillas.
- Transformador interior.
- Celdas MT. Integración de las celdas de MT y su conexión con el transformador de potencia.
- Servicios axilares.
- Sistema de detección y extinción de incendio.
- Control y medida.

### 2.14. TRANSFORMADOR

El transformador va a ser el encargado de aumentar el voltaje hasta la media tensión para poder inyectarlo a la red de distribución a 20000 V. Se utilizará un transformador trifásico de potencia 630 kVA y tensiones de 400 V a 20000 V.

#### 2.14.1. INTENSIDAD DEL PRIMARIO

La intensidad primaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_P = \frac{S}{\sqrt{3} \times U}$$

Donde:

$I_p$ : Intensidad primaria [A]

S: Potencia del transformador [kVA]

U: Tensión primaria [kV]

Para el transformador descrito con una potencia de 630 KVA y una tensión de 20 kV, la intensidad toma un valor de 18,19 A.

#### 2.14.2. INTENSIDAD DEL SECUNDARIO

La intensidad secundaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_s = \frac{S - P_{Fe} - P_{Cu}}{\sqrt{3} \times U}$$

Donde:

$I_s$ : Intensidad secundaria [A]

S: Potencia del transformador [kVA]

$P_{Fe}$ : Pérdidas del hierro en [kW]

$P_{Cu}$ : Pérdidas del cobre en [kW]

U: Tensión secundaria [kV]

Para el transformador descrito con una potencia de 630 KVA, pérdidas del hierro y cobre de 9450 W y una tensión de 400 V, la intensidad en el secundario toma un valor de 18,9 A.

#### 2.15. PLAZO DE EJECUCIÓN

Para el cálculo del plazo de ejecución de la obra se ha realizado el siguiente diagrama de Gantt con las operaciones a realizar y tiempo de ejecución de cada una de ellas obteniendo los siguientes resultados:



## 2.16. ESTUDIO ECONÓMICO

Los valores para hacer una simulación económica de la planta serán:

- Vida útil de la planta de 25 años
- Inversión inicial del proyecto de 344.926,69 €
- Producción de energía anual de 947 MW/h el primer año y 1% de pérdidas cada año
- Precio medio de compra de electricidad de 0,05 € el kWh

**Título del proyecto: Planta fotovoltaica en Monterrubio de Armuña**

Vida útil del proyecto: 25 años

Inflación anual (%)	0,80	Tasa mínima de actualización (%)	3,00
Increment. cobros (%)	0,80	Tasa máxima de actualización (%)	10,20
Increment. pagos (%)	0,80	Incremento (%)	0,30

Año	Ingresos		Gastos	
	Ordinarios	Extraordinarios	Ordinarios	Extraordinarios
1	47.350,00 €	0 €	9.620,00 €	0 €
2	46.876,50 €	0 €	9.696,96 €	0 €
3	46.407,74 €	0 €	9.774,54 €	0 €
4	45.943,66 €	0 €	9.852,73 €	0 €
5	45.484,22 €	0 €	9.931,55 €	500,00 €
6	45.029,38 €	0 €	10.011,01 €	500,00 €
7	44.579,09 €	0 €	10.091,09 €	500,00 €
8	44.133,29 €	0 €	10.171,82 €	500,00 €
9	43.691,96 €	0 €	10.253,20 €	500,00 €
10	43.255,04 €	0 €	10.335,22 €	500,00 €
11	42.822,49 €	0 €	10.417,91 €	500,00 €
12	42.394,27 €	0 €	10.501,25 €	1.300,00 €
13	41.970,32 €	0 €	10.585,26 €	1.300,00 €
14	41.550,62 €	0 €	10.669,94 €	1.300,00 €
15	41.135,11 €	0 €	10.755,30 €	1.300,00 €
16	40.723,76 €	0 €	10.841,34 €	1.300,00 €
17	40.316,53 €	0 €	10.928,07 €	1.300,00 €
18	39.913,36 €	0 €	11.015,50 €	1.300,00 €
19	39.514,23 €	0 €	11.103,62 €	1.300,00 €
20	39.119,08 €	0 €	11.192,45 €	1.300,00 €
21	38.727,89 €	0 €	11.281,99 €	1.300,00 €
22	38.340,61 €	0 €	11.372,25 €	1.300,00 €
23	37.957,21 €	0 €	11.463,22 €	1.300,00 €
24	37.577,64 €	0 €	11.554,93 €	1.300,00 €
25	37.201,86 €	0 €	11.647,37 €	1.300,00 €

Tabla 27. Beneficios y cobros durante vida útil del proyecto

La columna de ingresos se ha calculado con los datos de producción estimada y un coste de kWh medio de 0,05 € y unas pérdidas anuales de producción del 1%.

Los gastos extraordinarios corresponden a posibles recambios de material durante la vida útil del proyecto en el que se ha estimado que no existirán durante los primeros 4 años y después irá aumentando debido al envejecimiento de la planta.

Para los cálculos de gastos ordinarios se ha diseñado una tabla que integra el seguro de la planta, alquiler de la parcela, mantenimiento y energía para

instalaciones auxiliares durante toda la vida útil del proyecto obteniendo los siguientes resultados:

AÑO	SEGURO	ALQUILER	MANTENIMIENTO	LUZ	TOTAL
1	5.000,00 €	1.500,00 €	3.000,00 €	120,00 €	9.620,00 €
2	5.040,00 €	1.512,00 €	3.024,00 €	120,96 €	9.696,96 €
3	5.080,32 €	1.524,10 €	3.048,19 €	121,93 €	9.774,54 €
4	5.120,96 €	1.536,29 €	3.072,58 €	122,90 €	9.852,73 €
5	5.161,93 €	1.548,58 €	3.097,16 €	123,89 €	9.931,55 €
6	5.203,23 €	1.560,97 €	3.121,94 €	124,88 €	10.011,01 €
7	5.244,85 €	1.573,46 €	3.146,91 €	125,88 €	10.091,09 €
8	5.286,81 €	1.586,04 €	3.172,09 €	126,88 €	10.171,82 €
9	5.329,10 €	1.598,73 €	3.197,46 €	127,90 €	10.253,20 €
10	5.371,74 €	1.611,52 €	3.223,04 €	128,92 €	10.335,22 €
11	5.414,71 €	1.624,41 €	3.248,83 €	129,95 €	10.417,91 €
12	5.458,03 €	1.637,41 €	3.274,82 €	130,99 €	10.501,25 €
13	5.501,69 €	1.650,51 €	3.301,02 €	132,04 €	10.585,26 €
14	5.545,71 €	1.663,71 €	3.327,42 €	133,10 €	10.669,94 €
15	5.590,07 €	1.677,02 €	3.354,04 €	134,16 €	10.755,30 €
16	5.634,79 €	1.690,44 €	3.380,88 €	135,24 €	10.841,34 €
17	5.679,87 €	1.703,96 €	3.407,92 €	136,32 €	10.928,07 €
18	5.725,31 €	1.717,59 €	3.435,19 €	137,41 €	11.015,50 €
19	5.771,11 €	1.731,33 €	3.462,67 €	138,51 €	11.103,62 €
20	5.817,28 €	1.745,18 €	3.490,37 €	139,61 €	11.192,45 €
21	5.863,82 €	1.759,15 €	3.518,29 €	140,73 €	11.281,99 €
22	5.910,73 €	1.773,22 €	3.546,44 €	141,86 €	11.372,25 €
23	5.958,02 €	1.787,40 €	3.574,81 €	142,99 €	11.463,22 €
24	6.005,68 €	1.801,70 €	3.603,41 €	144,14 €	11.554,93 €
25	6.053,73 €	1.816,12 €	3.632,24 €	145,29 €	11.647,37 €

*Tabla 28. Gastos ordinarios durante la vida útil*

Con los datos anteriores y calculando la inflación correspondiente se obtienen los siguientes flujos de caja anuales:

**Documento 1: Anejos de la memoria**

Año	Ingresos		Gastos		Flujo de caja
	Ordinario	Extraordinario	Ordinario	Extraordinario	
1	47.350,00 €	0,00 €	9.620,00 €	0,00 €	37.730,00 €
2	46.876,50 €	0,00 €	9.696,96 €	0,00 €	37.179,54 €
3	46.407,74 €	0,00 €	9.774,54 €	0,00 €	36.633,20 €
4	45.943,66 €	0,00 €	9.852,73 €	0,00 €	36.090,93 €
5	45.484,22 €	0,00 €	9.931,55 €	500,00 €	35.052,67 €
6	45.029,38 €	0,00 €	10.011,01 €	500,00 €	34.518,37 €
7	44.579,09 €	0,00 €	10.091,09 €	500,00 €	33.987,99 €
8	44.133,29 €	0,00 €	10.171,82 €	500,00 €	33.461,47 €
9	43.691,96 €	0,00 €	10.253,20 €	500,00 €	32.938,76 €
10	43.255,04 €	0,00 €	10.335,22 €	500,00 €	32.419,82 €
11	42.822,49 €	0,00 €	10.417,91 €	500,00 €	31.904,59 €
12	42.394,27 €	0,00 €	10.501,25 €	1.300,00 €	30.593,02 €
13	41.970,32 €	0,00 €	10.585,26 €	1.300,00 €	30.085,07 €
14	41.550,62 €	0,00 €	10.669,94 €	1.300,00 €	29.580,68 €
15	41.135,11 €	0,00 €	10.755,30 €	1.300,00 €	29.079,81 €
16	40.723,76 €	0,00 €	10.841,34 €	1.300,00 €	28.582,42 €
17	40.316,53 €	0,00 €	10.928,07 €	1.300,00 €	28.088,45 €
18	39.913,36 €	0,00 €	11.015,50 €	1.300,00 €	27.597,86 €
19	39.514,23 €	0,00 €	11.103,62 €	1.300,00 €	27.110,61 €
20	39.119,08 €	0,00 €	11.192,45 €	1.300,00 €	26.626,63 €
21	38.727,89 €	0,00 €	11.281,99 €	1.300,00 €	26.145,90 €
22	38.340,61 €	0,00 €	11.372,25 €	1.300,00 €	25.668,37 €
23	37.957,21 €	0,00 €	11.463,22 €	1.300,00 €	25.193,98 €
24	37.577,64 €	0,00 €	11.554,93 €	1.300,00 €	24.722,71 €
25	37.201,86 €	0,00 €	11.647,37 €	1.300,00 €	24.254,49 €

Tabla 29. Flujo de caja de la inversión

Año	Tasa de actualización	Valor de inversión actualizado	Flujo de caja	Flujo acumulado	Recuperación de la inversión	Recuperación de la inversión (%)
1	3,00%	355.274,49 €	37.730,00 €	37.730,00 €	-317.544,49 €	10,62%
2	3,30%	356.309,27 €	37.179,54 €	74.909,54 €	-281.399,73 €	21,02%
3	3,60%	357.344,05 €	36.633,20 €	111.542,74 €	-245.801,31 €	31,21%
4	3,90%	358.378,83 €	36.090,93 €	147.633,67 €	-210.745,17 €	41,19%
5	4,20%	359.413,61 €	35.052,67 €	182.686,33 €	-176.727,28 €	50,83%
6	4,50%	360.448,39 €	34.518,37 €	217.204,70 €	-143.243,69 €	60,26%
7	4,80%	361.483,17 €	33.987,99 €	251.192,70 €	-110.290,48 €	69,49%
8	5,10%	362.517,95 €	33.461,47 €	284.654,17 €	-77.863,78 €	78,52%
9	5,40%	363.552,73 €	32.938,76 €	317.592,93 €	-45.959,80 €	87,36%
10	5,70%	364.587,51 €	32.419,82 €	350.012,75 €	-14.574,76 €	96,00%
11	6,00%	365.622,29 €	31.904,59 €	381.917,34 €	16.295,04 €	104,46%
12	6,30%	366.657,07 €	30.593,02 €	412.510,35 €	45.853,28 €	112,51%
13	6,60%	367.691,85 €	30.085,07 €	442.595,42 €	74.903,57 €	120,37%
14	6,90%	368.726,63 €	29.580,68 €	472.176,10 €	103.449,47 €	128,06%
15	7,20%	369.761,41 €	29.079,81 €	501.255,91 €	131.494,50 €	135,56%
16	7,50%	370.796,19 €	28.582,42 €	529.838,33 €	159.042,14 €	142,89%
17	7,80%	371.830,97 €	28.088,45 €	557.926,79 €	186.095,81 €	150,05%
18	8,10%	372.865,75 €	27.597,86 €	585.524,65 €	212.658,90 €	157,03%
19	8,40%	373.900,53 €	27.110,61 €	612.635,25 €	238.734,72 €	163,85%
20	8,70%	374.935,31 €	26.626,63 €	639.261,89 €	264.326,58 €	170,50%
21	9,00%	375.970,09 €	26.145,90 €	665.407,79 €	289.437,70 €	176,98%
22	9,30%	377.004,87 €	25.668,37 €	691.076,16 €	314.071,29 €	183,31%
23	9,60%	378.039,65 €	25.193,98 €	716.270,14 €	338.230,49 €	189,47%
24	9,90%	379.074,43 €	24.722,71 €	740.992,85 €	361.918,42 €	195,47%
25	10,20%	380.109,21 €	24.254,49 €	765.247,34 €	385.138,13 €	201,32%

Tabla 30. Rentabilidad del proyecto

De la que obtenemos los siguientes resultados:

TIR	VAN	PAYBACK
8,19 %	48.244,63 €	11 años

Tabla 31. Resultados TIR y VAN del estudio económico

Con los datos obtenidos se recuperará la inversión a partir del año 11 pudiendo llegar a obtener hasta un 200% de rentabilidad inicial al finalizar la vida útil del proyecto.

Por último, debido a la dificultad de estimar el precio de la energía durante los próximos 25 años, vamos a realizar un estudio de sensibilidad para entender como afectaría a la rentabilidad del proyecto.

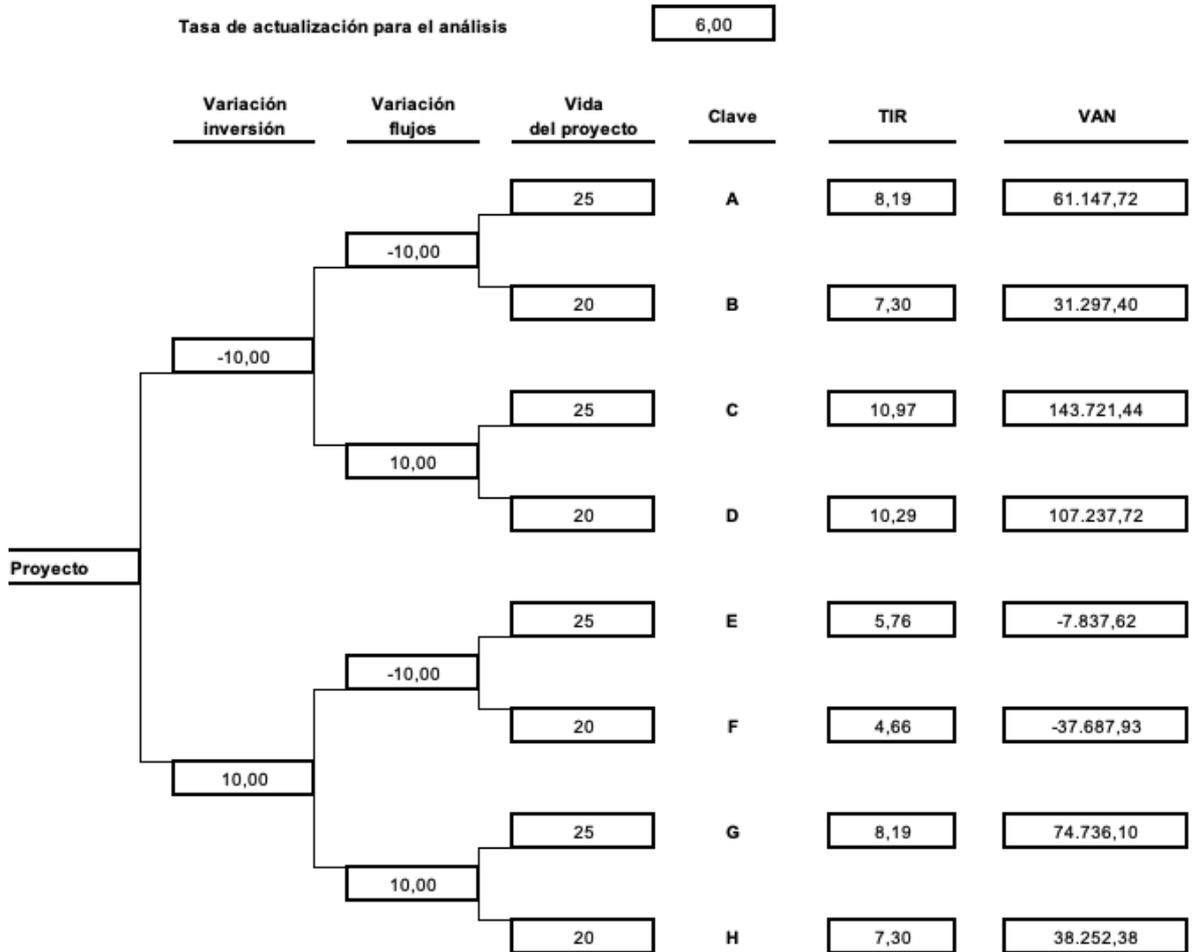
Tasa de actualización para el análisis (%)	6
Variación sobre las cantidades estimadas inicialmente del pago de la inversión en %	-10 10
Variación sobre las cantidades estimadas inicialmente de los flujos de caja en %	-10 10
Años de reducción sobre la vida del proyecto	5

*Tabla 32. Datos para estudio de sensibilidad*

El estudio como podemos ver en la tabla se ha realizado para una tasa de actualización del 6% y una variación de  $\pm 10$  % tanto para la inversión inicial del proyecto como para flujos de caja durante su vida útil además de la posibilidad de reducir la vida del proyecto 5 años obteniendo los siguientes resultados:

**Planta fotovoltaica en Monterrubio de Armuña**

**Análisis de sensibilidad**



*Ilustración 3. Análisis de sensibilidad*

De donde obtenemos los siguientes valores del TIR y VAN ordenados de mayor a menor rentabilidad:

## Documento 1: Anejos de la memoria

Clave	TIR	VAN
C	10,9738536 %	143721,441 €
D	10,293197 %	107237,719 €
A	8,1893529 %	74736,1027 €
G	8,1893529 %	61147,7204 €
B	7,30362932 %	38252,3815 €
B	7,30362932 %	31297,403 €
E	5,7617353 %	-7837,61762 €
F	4,66063308 %	-37687,935 €

*Tabla 33. Resultados análisis de sensibilidad*

Con los datos obtenidos del análisis de sensibilidad, podemos afirmar que la rentabilidad del proyecto no debe verse afectada excepto en las condiciones más desfavorables, que serían un sobrecoste inicial del 10% y una pérdida de ganancias del 10% durante toda la vida del proyecto.

### 3. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

#### 3.1. INTRODUCCIÓN

##### 3.1.1. ASPECTOS GENERALES

El sector fotovoltaico está en continuo crecimiento, aunque eso no quita que sea relativamente nuevo y desconocido para gran parte de los trabajadores. Por ello, todas las acciones que se desarrollen dentro de la instalación fotovoltaica han de ser realizadas por personal especializado que, además de conocer los procedimientos técnicos a desarrollar, deben tener conocimientos de los riesgos laborales y protocolos de seguridad a seguir durante su actuación.

##### 3.1.2. OBJETIVOS DE ESTUDIO

El objetivo del Plan de Seguridad y Salud es dar unas disposiciones mínimas a cumplir durante la ejecución del proyecto ‘Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 0,5 MW en Monterrubio de Armuña conectada a red de media tensión’.

En el plan de Seguridad y Salud se ordenarán todas las actividades a desarrollar durante la fase de producción del proyecto identificando los posibles riesgos y estableciendo medidas preventivas adecuadas para poder evitar o minimizar dichos riesgos y poder realizar la obra sin accidentes.

Además del plan de seguridad y salud, el responsable de Seguridad y Salud durante la ejecución del proyecto podrá añadir las medidas que considere oportunas con el fin de mejorar las condiciones laborales.

##### 3.1.3. ÁMBITO DE APLICACIÓN

El plan de seguridad y salud afecta a todos los trabajadores que desarrollen alguna actividad durante el proceso constructivo de la instalación incluyendo de esta manera a subcontratas o autónomos.

#### 3.2. DATOS INFORMATIVOS DE LA OBRA

##### 3.2.1. EMPLAZAMIENTO

La planta solar fotovoltaica estará situada en la localidad de Monterrubio de Armuña. Monterrubio de Armuña es una localidad de la provincia de Salamanca situada a 7 km al noreste de la capital provincial en la comunidad autónoma de Castilla y León (España).

### 3.2.2. PRESUPUESTO ESTIMADO

En el proyecto de ejecución de la obra se ha previsto un coste de ejecución material de aproximadamente 300.000 €.

### 3.2.3. PLAZO DE EJECUCIÓN

Se tiene prevista una duración de la obra de 2 meses aproximadamente de trabajo para la totalidad de la obra.

### 3.2.4. NÚMERO DE TRABAJADORES

El número de trabajadores previsto durante la obra es de 6 trabajadores.

### 3.2.5. ACTUACIÓN EN CASO DE ACCIDENTE

#### 3.2.5.1. *Centros asistenciales más cercanos*

Es el Hospital Universitario de Salamanca

- Dirección: Paseo de San Vicente, 182, 37007 Salamanca
- Teléfono nº: 923291100

Así como el centro de salud asistencial de Villares de la reina:

- Dirección: Calle Fuente, 27, 37184 Villares de la Reina, Salamanca
- Teléfono nº: 923122280

#### 3.2.5.2. *Servicios de emergencia*

Además del teléfono 923291100 correspondiente al hospital más cercano el teléfono general de emergencias es el 112.

### 3.2.6. CIRCULACIÓN DE PERSONAS AJENAS A LA OBRA

El acceso a la instalación fotovoltaica de personas ajenas a la obra está completamente prohibido.

### 3.2.7. SERVICIOS SANITARIOS Y COMUNES

#### 3.2.7.1. *Instalaciones sanitarias de urgencia*

Todos los servicios de emergencia mencionados (dirección y teléfono de los centros asistenciales más cercanos), así como otros servicios que se consideren oportunos (taxis, bomberos...) se colocarán de manera visible en la parte exterior de la oficina de obra. En el interior de la misma se dispondrá también de un botiquín de primeros auxilios al alcance de todo el personal por si fuera necesario.

#### 3.2.7.2. *Servicios higiénicos*

##### *Aseos*

Se dispondrá de un aseo con agua corriente, un inodoro de carga y descarga automática y papel higiénico.

## Vestuarios

Se dispondrá de una caseta prefabricada que será usada como vestuarios durante la ejecución de la obra.

### 3.3. DATOS DESCRIPTIVOS DE LA OBRA

#### 3.3.1. ESTADO ACTUAL DE LA ZONA

El acceso a la parcela será por un camino en buen estado que no supone ningún tipo de problema para los vehículos que accedan a la obra.

#### 3.3.2. ESTADO FINAL DE LA OBRA

Al finalizar la obra, los accesos quedarán en el mismo estado en el que se encontraban al inicio de la misma.

#### 3.3.3. DESCRIPCIÓN DE OFICIOS, MATERIALES Y TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS ADOPTADAS

##### 3.3.3.1. *Oficios*

Los oficios que se desarrollarán durante el proyecto son:

- Peón ordinario construcción
- Ayudante construcción de obra civil
- Oficial 1ª montador
- Ayudante montador
- Oficial 1ª construcción de obra civil
- Oficial 1ª cerrajero
- Ayudante cerrajero
- Oficial 1ª instalador de captadores solares
- Ayudante instalador de captadores solares
- Oficial 1ª electricista
- Ayudante electricista
- Oficial 1ª de construcción
- Oficial 1ª instalador de redes y comunicación
- Ayudante instalador de redes y comunicación

##### 3.3.3.2. *Materiales*

Los materiales utilizados durante la obra quedan definidos en documento de presupuesto.

##### 3.3.3.3. *Proceso constructivo*

Las actividades a desarrollar durante la instalación solar fotovoltaica serán:

- Perforaciones en hormigón
- Cortes metálicos
- Montaje de estructura metálica
- Instalación de módulos fotovoltaicos
- Trabajos eléctricos en DC y AC
- Excavación de zanjas
- Elevación de materiales

#### 3.3.3.4. *Maquinaria*

##### Vehículos auxiliares

- Camiones abiertos
- Grúas
- Montacargas
- Pala
- Retroexcavadora
- Motoniveladora
- Compactador

##### Maquinaria auxiliar

- Sierra circular manual
- Taladros

##### Medios auxiliares

- Herramientas de albañilería
- Herramientas manuales

### 3.4. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

Los principales riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores en la ejecución de sus trabajos en la instalación se dividirán en dos categorías:

- Riesgos generales
- Riesgos específicos.

#### 3.4.1. RIESGOS GENERALES

Los riesgos generales identificados que pueden darse durante la instalación de la planta fotovoltaica son:

TIPO	RIESGO	TAREAS	SEÑAL
FÍSICO	Caída de personas al mismo nivel	Todas las que presentan posibilidad de tropezos o resbalones	
FÍSICO	Caída de personas a distinto nivel	Las que se realizan mediante la utilización de andamios, plataformas, escaleras de mano, bancadas y trabajos en altura superior a 2m como cubiertas, terrazas, etc...	
FÍSICO	Proyección de fragmentos o partículas	Debido al empleo de herramientas de corte, sierras, piedras esmeriles, cinceles, martillos, etc. Incluso salpicaduras.	
FÍSICO	Sobreesfuerzos	Debidos a la manipulación de materiales y equipos y a posturas forzadas durante el trabajo.	
FÍSICO	Golpes o cortes por objetos o herramientas	Todas aquellas que conlleven manipulación de materiales o empleo de herramientas en general.	

FÍSICO	Atrapamientos por o entre objetos	Debido a manipulación de todo tipo de materiales y montaje de estructuras y elementos.	
FÍSICO	Caída de objetos en manipulación	En todo tipo de trabajo realizado en altura, materiales, equipos, etc...	
FÍSICO	Pisadas sobre objetos punzantes	Trabajos de cimentación, montaje estructura metálica, albañilería, etc, sobre superficies con elementos punzantes clavados o sueltos.	
FÍSICO	Caída de objetos desprendidos	Todo tipo de trabajos en cubiertas o tejados.	
FÍSICO	Contactos eléctricos indirectos	Por empleo de herramientas y equipos eléctricos, materiales metálicos y condiciones de humedad alta	
FÍSICO	Estrés térmico	Trabajos realizados a la intemperie en condiciones meteorológicas adversas de calor y frío.	

<b>QUÍMICO</b>	Contactos con sustancias cáusticas y corrosivas	Contacto directo con materiales de construcción como cemento, hormigón, disolventes etc...	
<b>QUÍMICO</b>	Contacto con sustancias nocivas y peligrosas	Contacto directo con pinturas, decapantes, fluidos anticongelantes, etc..	

Tabla 34. Riesgos generales instalación eléctrica

### 3.4.2. RIESGOS ESPECÍFICOS

Los riesgos específicos identificados que pueden darse durante la ejecución de la obra son:

OPERACIONES DE MONTAJE Y COLOCACIÓN			
TIPO	RIESGO	TAREAS	SEÑAL
<b>FÍSICO</b>	Atropellos y choques con vehículos pesados	Trabajos de construcción en obras de centrales térmicas y de superficie con empleo de medios mecánicos pesados.	
<b>FÍSICO</b>	Caída de cargas suspendidas	Movimiento y transporte de cargas mediante equipos de elevación de cargas como grúas o plataformas.	

<p>FÍSICO</p>	<p>Sepultamiento</p>	<p>Trabajos en zanjas y fosos de cimentación para soporte de las estructuras metálicas de los paneles.</p>	
<p>FÍSICO</p>	<p>Ruidos</p>	<p>Trabajos de construcción y montaje realizados con utilización de equipos y maquinaria pesada, excavación, cimentación, hormigonado, etc...</p>	
<p>FÍSICO</p>	<p>Contactos eléctricos directos</p>	<p>Aquellos relacionados con el montaje y conexión de la instalación y los equipos eléctricos</p>	
<p>FÍSICO</p>	<p>Quemaduras por arco eléctrico</p>	<p>Producidas por cortocircuito provocado en una instalación eléctrica.</p>	

QUÍMICO	Sustancias caústicas y corrosivas	Trabajos con baterías o acumuladores eléctricos que contienen electrolito de esas características.	
QUÍMICO	Sustancias tóxicas y peligrosas		
QUÍMICO	Sustancias inflamables		

Tabla 35. Riesgos específicos instalación eléctrica

### 3.5. PREVENCIÓN DE RIESGOS

Una vez se han identificado los posibles riesgos que pueden darse durante el desarrollo de la obra, se establecerán una serie de medidas preventivas con las que se evitará o disminuirá el efecto de dichos riesgos sobre los trabajadores. Las medidas adoptadas se dividen en tres bloques:

- Normas básicas de seguridad y salud
- Medidas de protección colectivas
- Equipos de protección individual

#### 3.5.1. NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD Y SALUD

Las normas básicas de seguridad y salud son aquellas que deben cumplir todos los trabajadores durante todas las fases de la obra.

Las normas básicas de seguridad son:

- Cerrar el acceso a la parcela en todo momento y no permitir la entrada de terceros a la obra.
- Colocar señal de prohibición de entrada a terceros en la obra.
- Colocar señales de limitación de velocidad dentro de la obra.
- Los pasos de entrada y salida a la parcela estarán siempre libres.
- Todos los equipos utilizados cumplirán la normativa vigente.
- Cumplimiento de las normas preventivas en todo momento.
- Todos los trabajos serán desarrollados por personal especializado.

- Señalización de separación entre la zona de acceso y la zona de trabajo.
- Mantener en buen estado todos los medios de protección colectiva.
- Utilización adecuada de toda la maquinaria.
- La reparación y mantenimiento de toda la maquinaria la realizará personal especializado
- Uso obligatorio de los equipos de protección individual.
- La iluminación en las zonas de trabajo será como mínimo de un lux a una altura de 2,00 m.
- Cualquier empresa subcontratada acreditará un certificado médico que indique que los operarios son aptos para el trabajo a desarrollar.
- Todas las personas cumplirán con sus obligaciones particulares.

### 3.5.2. MEDIDAS DE PROTECCIÓN COLECTIVAS

Las medidas de protección colectivas son aquellas cuyo objetivo es evitar el riesgo antes de que este ocurra cumpliendo unas normas durante la ejecución de trabajos específicos. Se han desarrollado medidas de protección colectivas para los siguientes riesgos:

- Caída de personas al mismo nivel.
- Caída de personas a distinto nivel.
- Contactos eléctricos.
- Atropellos, choques y vuelcos con maquinaria pesada.
- Derrumbes o sepultamiento
- Incendios y explosiones

#### 3.5.2.1. *Caída de personas al mismo nivel*

##### Medidas de orden y limpieza en el puesto de trabajo

Las medidas de protección colectiva para evitar caídas de personas al mismo nivel serán:

- Orden y limpieza: se recogerá y limpiará cualquier material de la zona de trabajo que pueda provocar la caída de terceros (cables, puntas...).
- Almacenamiento de herramientas: Todos los equipos y trabajo y herramientas deberán almacenarse en el lugar establecido para ello de manera ordenada.
- Almacenamiento de desperdicios: Los desperdicios de hierro, cables... serán almacenados en un lugar adecuado que no suponga ningún riesgo para su posterior retirada.

### 3.5.2.2. *Caída de personas a distinto nivel*

Las medidas de seguridad colectivas para prevenir caídas a distinto nivel son:

- Colocación de barandillas: Las plataformas, andamios o desniveles que suponga para los trabajadores un riesgo de caída de más de 2 m deberán protegerse con barandillas u otro sistema de protección equivalente.
- Colocación de redes de seguridad: En los casos que se considere oportuno, se utilizarán redes de seguridad sujetas en soportes destinados para ello limitando así la posible caída de personas y objetos.

### 3.5.2.3. *Contactos eléctricos*

Las protecciones colectivas que debemos adoptar para evitar riesgos de contactos eléctricos son:

- Conexión a tierra adecuada: Comprobar que la conexión a tierra tanto de los cuadros como de los equipos se ha realizado correctamente.
- Protección diferencial: Comprobar el estado y correcto funcionamiento de los diferenciales eléctricos.
- Protección magnetotérmica: Comprobar el estado y correcto funcionamiento de los interruptores magnetotérmicos.
- Cuadros generales: Los cuadros estarán protegidos en armarios con la puerta cerrada con llave y una señal de advertencia de riesgo eléctrico.

### 3.5.2.4. *Atropellos, choques y vuelcos con maquinaria pesada*

Las medidas de protección colectivas que se tendrán en cuenta para evitar este riesgo serán:

- Señalizar correctamente la existencia de determinados riesgos que supongan un problema tanto para personas como para maquinaria. (Trabajos, zanjas...)
- Orientar y guiar a personas que realicen maniobras difíciles o que conlleven algún riesgo.

### 3.5.2.5. *Derrumbe o sepultamiento*

Las medidas colectivas que se adoptarán en la instalación para evitar riesgos de derrumbe son:

- Entibación de zanjas: Consiste en reforzar todas las zanjas que supongan un riesgo de hundimiento. También servirá para evitar que se modifiquen las dimensiones de la misma.

### 3.5.2.6. Incendios y explosiones

Las medidas colectivas adoptadas para evitar incendios y explosiones serán:

- Protección y control del fuego: Las medidas para la protección y control del fuego se dividen en dos categorías:
  - Impedir la ignición del fuego: Consiste en sustituir materiales y procesos que puedan suponer un riesgo por otros no peligrosos.
  - Manejar el impacto del fuego: Limitar el material expuesto cerca de los lugares donde exista mayor riesgo evitando que se propague. Además, se dispondrá de extintores debidamente señalizados y mantenidos.

### 3.5.3. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPI)

Los equipos de protección individual (EPI) son los dispositivos que deben ser llevados o sujetados por el trabajador para protegerle de los riesgos que conlleva la realización de un trabajo.

Los Equipos de Protección Individual se clasifican en tres categorías según las consecuencias de los riesgos:

- Categoría I: Se encuentran en esta categoría los EPI's encargados de proteger contra riesgos mínimos.
- Categoría II: Se encuentran en esta categoría los EPI's encargados de proteger contra los riesgos de grado medio o elevado que no son mortales o irreversibles.
- Categoría III: Se encuentran en esta categoría los EPI's encargados de proteger ante riesgos mortales o irreversibles.

Todos los equipos de protección que se vayan a utilizar durante la obra deberán cumplir la normativa vigente.

Los equipos de protección individual identificados para cada tarea a realizar son:

RIESGO	TAREAS	SEÑAL
<b>Caída de personas al mismo nivel</b>	Arnés de seguridad Cinturón de sujeción Dispositivos anti caídas con amortiguación	
<b>Proyección de partículas o fragmentos</b>	Pantallas faciales Gafas de cazoleta Guantes de protección mecánica. Mandil de protección mecánica	
<b>Sobreesfuerzos</b>	Faja o cinturón de protección lumbar	
<b>Atrapamientos, golpes o cortes con herramientas u objetos</b>	Guantes de protección mecánica Calzado de seguridad Rodilleras y coderas	
<b>Caída de objetos en manipulación o desprendidos</b>	Casco contra choques e impactos Calzado de seguridad	
<b>Pisadas sobre objetos punzantes</b>	Calzado de seguridad con suela anti penetración	

<p><b>Contactos eléctricos</b></p>	<p>Casco de seguridad Gafas de cazoleta Guantes contra riesgos eléctricos Calzado de seguridad con suela dieléctrica Ropa de trabajo</p>	
<p><b>Ruido</b></p>	<p>Cascos anti ruido Protección auditiva (tapones)</p>	
<p><b>Contactos térmicos</b></p>	<p>Guantes contra riesgos térmicos</p>	
<p><b>Estrés térmico</b></p>	<p>Ropa de protección contra bajas temperaturas</p>	

Tabla 36. Equipos de protección a utilizar por tarea

### 3.6. DOCUMENTOS DEL PLAN DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

Los documentos que se deben tener para el correcto desarrollo del plan de seguridad y salud son:

- Nombramientos
  - Delegado de Prevención
  - Encargado de Seguridad
  - Maquinistas y usuarios de cada herramienta
- Recepción de los equipos de protección individual
- Partes de deficiencias
- Normas de seguridad propias de las actividades
- Normas de seguridad propias de los medios de protección colectivas
- Partes de accidente

### 3.7. FORMACIÓN A LOS TRABAJADORES EN PRL

Todas las personas que intervengan durante la ejecución del proyecto deberán ser formadas en materia de seguridad y salud en las actividades que van a desarrollar por personal especializado.

### 3.8. PRESUPUESTO

El presupuesto estimado para el plan de seguridad y salud del proyecto se presenta en la siguiente tabla:

PROTECCIONES PERSONALES			
CONCEPTO	UND.	PREC/UD (€)	IMPORTE
Cascos de seguridad certificado CE	6	3,20 €	19,20 €
Pantallas de seguridad para soldador	1	12,30 €	12,30 €
Gafas anti polvo y ante anti impacto	6	10,20 €	61,20 €
Gafas de seguridad para oxicorte	1	10,20 €	10,20 €
Mascarillas de seguridad para anti polvo (papel)	6	0,75 €	4,50 €
Mascarillas con filtro	2	12,89 €	25,78 €
Protección auditivos (tapones)	6	1,02 €	6,12 €
Cinturones de seguridad con arnés	2	70,80 €	141,60 €
Cinturón de seguridad anti vibratorios	1	16,40 €	16,40 €
Ropa de trabajo	6	21,10 €	126,60 €
Impermeables	6	17,90 €	107,40 €
Guantes dieléctricos	2	34,90 €	69,80 €
Guantes de goma finos	6	3,10 €	18,60 €
Guantes de cuero montador	6	6,90 €	41,40 €
Botas impermeables al agua y humedad	6	14,50 €	87,00 €
Botas de seguridad	6	19,63 €	117,78 €
Botas dieléctricas	2	23,60 €	47,20 €
Chalecos reflectantes	6	3,40 €	20,40 €
<b>TOTAL PROTECCIONES PERSONALES</b>			<b>933,48 €</b>
PROTECCIONES COLECTIVAS			
CONCEPTO	UND.	PREC/UD (€)	IMPORTE
Cartel indicativo de riesgo con soporte metálico	1	15,03 €	15,03 €
Metro lineal cordón de balizamiento reflectante	25	1,50 €	37,50 €
Metro lineal cinta de balizamiento	150	0,35 €	52,50 €
<b>TOTAL PROTECCIONES COLECTIVAS</b>			<b>105,03 €</b>
PREVENCIÓN DE INCEDIOS			
CONCEPTO	UND.	PREC/UD (€)	IMPORTE
Extintor de polvo polivalente	1	45,00 €	45,00 €

**Documento 1: Anejos de la memoria**

TOTAL PROTECCIÓN INCENDIOS			45,00 €
MEDICINA PREVENTIVA Y PRIMEROS AUXILIOS			
CONCEPTO	UND.	PREC/UD (€)	IMPORTE
Botiquín de primeros auxilios	1	48,63 €	48,63 €
TOTAL MEDICINA PREVENTIVA Y PRIMEROS AUXILIOS			48,63 €
FORMACIÓN			
CONCEPTO	UND.	PREC/UD (€)	IMPORTE
Horas de formación	3	22,62 €	67,86 €
TOTAL FORMACIÓN VIGILANCIA Y REUNIONES			67,86 €

Tabla 37. Presupuesto seguridad y salud

El resumen del presupuesto del plan de seguridad y salud es:

RESUMEN PRESUPUESTO	
CONCEPTO	IMPORTE
PROTECCIONES PERSONALES	933,48 €
PROTECCIONES COLECTIVAS	105,03 €
PREVENCIÓN DE INCENDIOS	45,00 €
MEDICINA PREVENTIVA Y PRIMEROS AUXILIOS	48,63 €
FORMACIÓN	67,86 €
<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>	<b>1.200,00 €</b>

Tabla 38. Resumen presupuesto seguridad y salud



Valladolid, 27 de Junio del 2021

EI GRADUADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

Fdo. Sánchez Calles, Jesús

## 4. FICHAS TÉCNICAS

### 4.1. ESTRUCTURA SOPORTE

# Sistema MUNIELLOS

Huertos solares

La reserva natural integral de Muniellos está localizada en el suroccidente del Principado de Asturias, entre los concejos de Cangas del Narcea e Ibañeta dentro del Parque Natural de las Fuentes del Narcea, y ocupa un espacio total de 59,7 km<sup>2</sup>, comprende tre montes: el monte de Muniellos, La Vieilla y el monte de Valdeobos. La altitud va de los 680 m en las zonas más bajas hasta los 1640 m del pico de la Candancia. El monte de Muniellos constituye el corazón de la reserva y comprende la cabecera del curso río Muniellos, un afluente del Narcea.

En 1982 el monte de Muniellos fue sometido a un régimen de protección especial y declarado Reserva Biológica Nacional.

Entre su fauna, las especies más íntimamente ligadas al bosque son el Urogallo y el Oso Pardo, así como lobos, jabalís, nutrias o el Gato Montés.

*We hold the sun*

**Contacto**  
 EUROPA - Oficinas & Fábrica  
 Travesía de la Industria 84  
 Polígono industrial de Las Arobias  
 33401 Avilés, Asturias, España  
 Teléfono: +34 984 112 759  
 alusinsolar@alusinsolar.com

SISTEMA MUNIELLOS

**Garantías**

- Marcado CE
- 2 Años Garantía de Obra
- Materiales 100% Reciclables
- Ejecución de Obra: 2 años

Garantía de Producto según condiciones generales de Garantía de Alusin Solar

**Características Técnicas**

- Estructura principal hincada al terreno fabricada en acero perfilado con posterior galvanizado por inmersión en caliente según norma UNE EN ISO 1461 2009
- Altura Estándar del panel al suelo: 0,5 mts.
- Perfiles para la fijación de los paneles solares fabricados en aluminio extruido.
- Separador dieléctrico EPDM entre ambos materiales.
- Fijación de paneles solares en cuatro puntos mediante grapas de aluminio extruidas L=70 mm fabricadas en Alusin Solar.
- Tornillería en acero inoxidable A2 para la fijación de los paneles solares. Tornillería en acero galvanizado para el montaje de los pórticos.
- Configuración de 2 paneles en vertical.

**Opciones de Configuración**

- Válido para paneles solares sin marco.
- Suministro de tuercas antirrobo.
- Desde 10 hasta 35 grados.
- Anclajes al terreno mediante zapatas y/o micropilotes.
- Posibilidad de suministro con 4 correas para zonas climáticas extremas.
- Sistema Monoposte.

**Cargas Climáticas**

<p><b>Viento</b></p> <p>Hasta 144 km/h Configurable hasta 250 km/h</p>	<p><b>Nieve</b></p> <p>Hasta 1 kN/m<sup>2</sup> Configurable hasta 2 kN/m<sup>2</sup></p>
--	---

**Ejecución de Montajes**

Alusin Solar dispone de hincadora propia, Modelo ARV 1200, equipada igualmente con equipo de perforación.

Alusin Solar dispone de personal propio para el montaje de proyectos: Hincado, Montaje de Estructuras y Colocación Mecánica de los paneles solares.

## 4.2. MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

NU-JB395

# Serie NU-JB

395 W

La solución de proyecto

### Potentes características

- Voltaje máximo del sistema 1.500 V  
Menores costes de equilibrio del sistema gracias a cadenas más largas
- Tolerancia de potencia positiva garantizada (0/+5 %)
- Módulos fotovoltaicos PERC de silicio monocristalino  
Módulo de alta eficiencia 19,6 %

- Probado y certificado VDE, IEC/EN61215, IEC/EN61730  
Clase de seguridad II, CE  
Grado de resistencia al fuego: clase C
- Half-cut cell  
Rendimiento mejorado en condiciones de sombra  
Menores pérdidas internas  
Menor riesgo de hot spots o puntos calientes

- Tecnología de 5 busbars  
Fiabilidad mejorada  
Mayor eficiencia  
Menor resistencia en serie
- Diseño robusto  
Probado para resistencia PID  
Probado para niebla salina (IEC61701)  
Probado para amoníaco (IEC62716)  
Probado para polvo y arena (IEC60068)

### Su socio solar para toda la vida

60 años de experiencia solar	Garantía de potencia lineal	Garantía de producto
Equipo de asistencia local en Europa	50 millones de módulos fotovoltaicos instalados	Premio a la mejor marca fotovoltaica

**Energy Solutions**

**SHARP**  
Be Original.

\* Aplicable a los módulos instalados en la UE y en los países adicionales enumerados.  
Compruebe las condiciones de aplicación de la garantía en su área antes de comprar.

## Documento 1: Anejos de la memoria

### Datos eléctricos (STC)

NU-JB395			
Potencia máxima	$P_{max}$	395	$W_p$
Tensión de circuito abierto	$V_{oc}$	49,45	V
Corriente de circuito abierto	$I_{sc}$	10,35	A
Tensión en el punto de máxima potencia	$V_{mpp}$	41,07	V
Corriente en el punto de máxima potencia	$I_{mpp}$	9,62	A
Eficiencia del módulo	$\eta_m$	19,6	%

STC = Condiciones de prueba estándar: irradiancia 1.000 W/m<sup>2</sup>, AM 1.5, temperatura de las células 25 °C.  
Las características eléctricas nominales se sitúan en un margen de  $\pm 10\%$  de los valores indicados de  $I_{sc}$ ,  $V_{oc}$  y de  $0$  a  $+5\%$  de  $P_{max}$  (tolerancia de medición de potencia de  $\pm 3\%$ ).

### Datos eléctricos (NMOT)

NU-JB395			
Potencia máxima	$P_{max}$	293,8	$W_p$
Tensión de circuito abierto	$V_{oc}$	46,87	V
Corriente de circuito abierto	$I_{sc}$	8,39	A
Tensión en el punto de máxima potencia	$V_{mpp}$	38,11	V
Corriente en el punto de máxima potencia	$I_{mpp}$	7,71	A

NMOT = Temperatura de funcionamiento del módulo: 45 °C, irradiancia de 800 W/m<sup>2</sup>, temperatura del aire de 20 °C, velocidad del viento de 1 m/s.

### Datos mecánicos

Longitud	2.008 mm
Anchura	1.002 mm
Profundidad	40 mm
Peso	23,5 kg

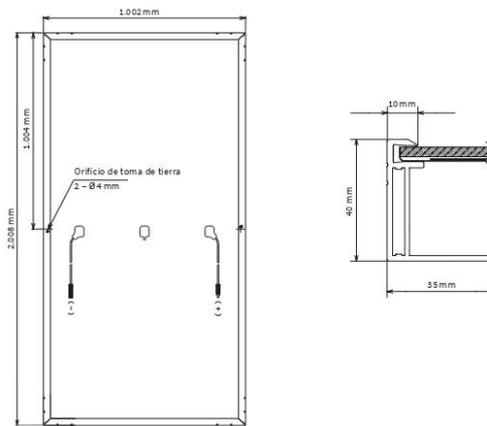
### Coefficiente de temperatura

$P_{max}$	-0,353 %/°C
$V_{oc}$	-0,269 %/°C
$I_{sc}$	0,037 %/°C

### Valores límite

Voltaje máximo del sistema	1.500 V CC
Protección de sobrecorriente	20 A
Intervalo de temperaturas	De -40 a 85 °C
Carga mecánica máxima (nieve/viento)	2.400 Pa
Carga de nieve probada (prueba IEC61215*)	5.400 Pa

### Dimensiones (mm)



\*Consulte el manual de instalación de SHARP para obtener más detalles.

### Datos de embalaje

Módulos por palé	26 unidades
Tamaño del palé (L x A x P)	2,06 m x 1,12 m x 1,19 m
Peso del palé	Aprox. 650 kg

### Datos generales

Células	Célula cortada mono, 159 mm x 79,5 mm, 144 medias células en serie
Vidrio frontal	Vidrio templado con bajo contenido de hierro, antirreflectante y altamente transmissivo de 3,2 mm
Marco	Aleación de aluminio anodizado, plateado
Lámina posterior	Blanca
Caja de conexión	Clasificación IP68, 3 diodos de bypass
Cable	$\phi$ 4,0 mm <sup>2</sup> , longitud 1.400 mm [o (+) 300 mm, (-) 100 mm bajo demanda]
Conector	C1, IP68

Nota: Los datos técnicos están sujetos a cambio sin previo aviso. Antes de utilizar los productos de SHARP, solicite las especificaciones técnicas más recientes de SHARP. SHARP no acepta ninguna responsabilidad por daños en los dispositivos que se hayan equipado con productos de SHARP sobre la base de información no verificada. Las especificaciones pueden variar sin previo aviso y no están garantizadas. Las instrucciones de instalación y funcionamiento se pueden encontrar en los manuales correspondientes o pueden descargarse desde [www.sharp.eu](http://www.sharp.eu). Este módulo no debe conectarse directamente a una carga.

### 4.3. INVERSOR



#### SUNNY HIGHPOWER PEAK3



##### Rentable

- Alta densidad de potencia con 150 kW gracias al diseño compacto
- Máx. rendimiento gracias a la posible proporción CC/CA de hasta el 150 %

##### Seguro

- Máxima disponibilidad de la planta con unidades de 150 kW
- Funciones digitales con vocación de futuro adaptadas a la plataforma de gestión de la energía enexOS

##### Flexible

- Para tensiones de entrada de CC de hasta 1500 V
- Soluciones de CC flexibles mediante cajas de conexión del generador específicas para el cliente

##### Fácil instalación

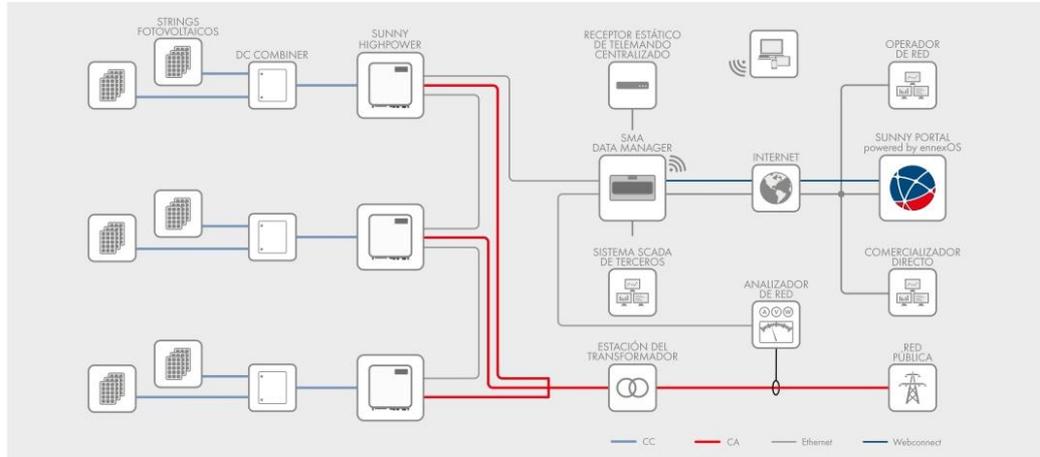
- Manejo ergonómico y conexión sencilla para una rápida instalación
- Puesta en marcha y regulación centralizadas de la planta fotovoltaica mediante el SMA Data Manager

### SUNNY HIGHPOWER PEAK3

Ya preparado para el futuro

El Sunny Highpower PEAK3 es el componente central de la solución de SMA para centrales fotovoltaicas con arquitectura descentralizada y tensiones de sistema de 1500 voltios de CC. Este compacto inversor de string, con su alta densidad de potencia, materializa soluciones optimizadas desde el punto de vista de los costes para aplicaciones fotovoltaicas industriales. Facilita el transporte y permite una instalación y puesta en marcha rápidas. El inversor de string con 150 kW de potencia dispone del servicio automático SMA Smart Connected para que las visitas de mantenimiento sean proactivas, facilitando así la gestión operativa y el mantenimiento y reduciendo de forma significativa los gastos de servicio técnico a lo largo de toda la vida del proyecto.

## Documento 1: Anejos de la memoria



Datos técnicos	Sunny Highpower 100-20	Sunny Highpower 150-20
<b>Entrada (CC)</b>		
Potencia máx. del generador fotovoltaico	150000 Wp	225000 Wp
Tensión de entrada máx.	1000 V	1500 V
Rango de tensión MPP/tensión asignada de entrada	590 V a 1000 V/590 V	880 V a 1450 V/880 V
Corriente de entrada máx./Corriente de cortocircuito máx.	180 A/325 A	180 A/325 A
Número de seguidores del MPP independientes	1	1
Número de entradas	1 o 2 (opcional) para cajas de conexión del generador externas	
<b>Salida (CA)</b>		
Potencia asignada a tensión nominal	100000 W	150000 W
Potencia máx. aparente de CA	100000 VA	150000 VA
Tensión nominal de CA/intervalo de tensión de CA	400 V/304 V a 477 V	600 V/480 V a 690 V
Frecuencia de red de CA/rango	50 Hz/44 Hz a 55 Hz 60 Hz/54 Hz a 66 Hz	50 Hz/44 Hz a 55 Hz 60 Hz/54 Hz a 66 Hz
Frecuencia de red asignada	50 Hz	50 Hz
Corriente máx. de salida	151 A	151 A
Factor de potencia a potencia asignada/factor de desfase ajustable	1/0 inductivo a 0 capacitivo	1/0 inductivo a 0 capacitivo
Armónicos (THD)	< 3 %	< 3 %
Fases de inyección/conexión de CA	3/3-PE	3/3-PE
<b>Rendimiento</b>		
Rendimiento máx./rendimiento europeo	98,8 %/98,6 %	99,1 %/98,8 %
<b>Dispositivos de protección</b>		
Monitorización de toma a tierra/monitorización de red/protección contra polarización inversa de CC	● / ● / ●	● / ● / ●
Resistencia al cortocircuito de CA/Con separación galvánica	● / -	● / -
Unidad de seguimiento de la corriente residual sensible a la corriente universal	●	●
Descargadores de sobretensión (tipo II) CA/CC monitorizados	● / ●	● / ●
Clase de protección (según IEC 62109-1)/Categoría de sobretensión (según IEC 62109-1)	I/CA: III; CC: II	I/CA: III; CC: II
<b>Datos generales</b>		
Dimensiones (ancho/alto/fondo)	770 mm/830 mm/444 mm (30,3 in/32,7 in/17,5 in)	
Peso	98 kg (216 lb)	
Rango de temperatura de funcionamiento	-25 °C a +60 °C [-13 °F a +140 °F]	
Emisión sonora, típica	< 69 dB(A)	
Autoconsumo (nocturno)	< 5 W	
Topología	Sin transformador	
Sistema de refrigeración	OptiCool, sistema de refrigeración activa, ventiladores con regulación de número de revoluciones	
Tipo de protección (según IEC 60529)	IP65	
Valor máximo permitido para la humedad relativa (sin condensación)	100 %	
<b>Equipamiento/Función/Accesorios</b>		
Conexión de CC/CA	Terminal de cable (hasta 300 mm <sup>2</sup> )/borne roscado (hasta 150 mm <sup>2</sup> )	
Indicador led (estado/error/comunicación)	●	
Interfaz ethernet	● (2 puertos)	
Interfaz de datos: SMA Modbus/SunSpec Modbus/Speedwire	● / ● / ●	
Tipo de montaje	Montaje en bastidor	
OptiTrac/Integrated Plant Control/Q on Demand 24/7	● / ● / ●	
Compatible con redes aisladas/con SMA Fuel Save Controller	● / ● / ●	
Garantía: 5/10/15/20 años	● / ● / ● / ●	
Certificados y autorizaciones (selección)	IEC/EN 62109-1/2, VDE-AR-N 4110/4120, IEC 62116, IEC 61727, EN 50549, C10/11, CEI 0-16, G99/1 (>16A), PO 12.3, ABNT NBR 16149	
● De serie ○ Opcional - No disponible Datos en condiciones nominales Actualizado: 10/2020		
Modelo comercial	SHP 100-20	SHP 150-20

#### 4.4. TRANSFORMADOR



### Trihal - 630 kVA - 20000 V / 420 V - D yn11

<b>Transformador seco encapsulado – Trifásico - Tipo Interior - Sin envolvente - Según las normas UNE 21 538 – Es certificado C3*, E3, F1 (*) C2 Thermal shock test carried out at -50°C</b>	
Potencia asignada (AN) : ..... 630 kVA Tipo : ..... Reductor	Frecuencia asignada : ..... 50 Hz Grupo de conexión : ..... D yn11 Devanados MT/BT : Aluminio/Aluminio
<b>Alta tensión 1 asignada : .....20000 V</b> Nivel de aislamiento : ..... 24 kV Tensión dieléctrica (frec. indus.) : ..... 50 kV Tensión de impulso tipo rayo (1.2/50µs) : ..... 125 kV Arreglo fuera de tensión : ..... +2.5 +5,0 +7.5 +10,0 % (Por puentes de conexión)	<b>Baja tensión 1 asignada : .....420 V (En vacío)</b> Nivel de aislamiento : ..... 1.1 kV Tensión dieléctrica (frec. indus.) : ..... 10 kV Tensión de impulso tipo rayo (1.2/50µs) : ..... N/A
<b>Conexiones AT</b> Tipo de conexiones : ..... Estándar Llegada conexiones : ..... Arriba Posicionamiento conexiones : ..... Arriba Número de terminales de conexiones : ..... 3	<b>Conexiones BT</b> Tipo de conexiones : ..... Estándar Llegada conexiones : ..... Arriba Posicionamiento conexiones : ..... Conexión BT superior Llegada secundaria : ..... Cable Número de terminales de conexiones : ..... 4 Terminales de conexión suplementaria : ..... Si
<b>Características eléctricas</b> Pérdidas en vacío (AN) : ..... 1650 W Pérdidas en carga (AN) a 120°C : ..... 7800 W Tensión de corto circuito (AN) a 120°C : ..... 6 % Tolerancias : ..... IEC 60076-11 Tolerancias	<b>Condiciones de operación</b> Altura máxima sobre el nivel del mar : ..... ≤ 1000 m Temperatura ambiente máxima : ..... 40 °C Temperatura ambiente mínima : ..... -25 °C Temperatura media diaria : ..... 30 °C Temperatura media anual : ..... 20 °C Pantalla electrostática : ..... No Alimentación de un rectificador : ..... No
<b>Características de la temperatura</b> Clase de aislamiento térmico : ..... Clase F Calentamiento de los devanados : ..... 100 K	<b>Dimensiones &amp; pesos (transformador - IP00)</b> Longitud (aproximados) : ..... 1480 mm Ancho (aproximados) : ..... 820 mm Alto (aproximados) : ..... 1740 mm Peso (aproximados) : ..... 1820 Kg
<b>Nivel de ruido</b> Potencia acústica L <sub>WA</sub> : ..... 70 dB (A) Presión acústica L <sub>PA</sub> a 1.00 : ..... 57 dB (A)	<b>Ensayos de Rutina según las normas IEC 60076</b> Ensayo de tensión inducida : ..... Si Ensayo de tensión aplicada : ..... Si Medida de las pérdidas y de la corriente en vacío : ..... Si Medida de la resistencia de los arrollamientos MT y BT : ..... Si Medida de la U <sub>cc</sub> y de las pérdidas debidas a la carga : ..... Si Medida de la relación y control del grupo de conexión : ..... Si Medida de descargas parciales : ..... Si Pruebe el informe (en Español) : ..... 1 Pruebas realizados en presencia del cliente : ..... No
<b>Accesorios estándares</b> Ruedas bi-direccionales (Ø 125 mm) : ..... 4 Cáncamos de elevación : ..... 4 Aberturas de arrastre sobre el chasis : ..... 4 Toma de puesta a tierra : ..... 2 Placa de características (Aluminio - en Español) : ..... 1 Señales de advertencia «peligro eléctrico» : ..... 2 Barritas de conmutación de las tomas de regulación : ..... 1 Manual de instalación : ..... 1	<b>Accesorios complementarios propuestos</b> 3 sondas PT100
<b>Comentarios &amp; Desviaciones</b>	



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
BURGOS

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 0,5 MW en Monterrubio de Armuña conectada a red de media tensión.

## Documento 1: Anejos de la memoria



# DOCUMENTO 2: PLANOS



## Índice de planos:

Plano 1: Ubicación

Plano 2: Emplazamiento

Plano 3: Límites, linderos y zanjas

Plano 4: Planta

Plano 5: Conexión eléctrica

Plano 6: Esquema unifilar

Plano 7: Estructura soporte

Plano 8: Centro de baja tensión

Plano 9: Centro de transformación

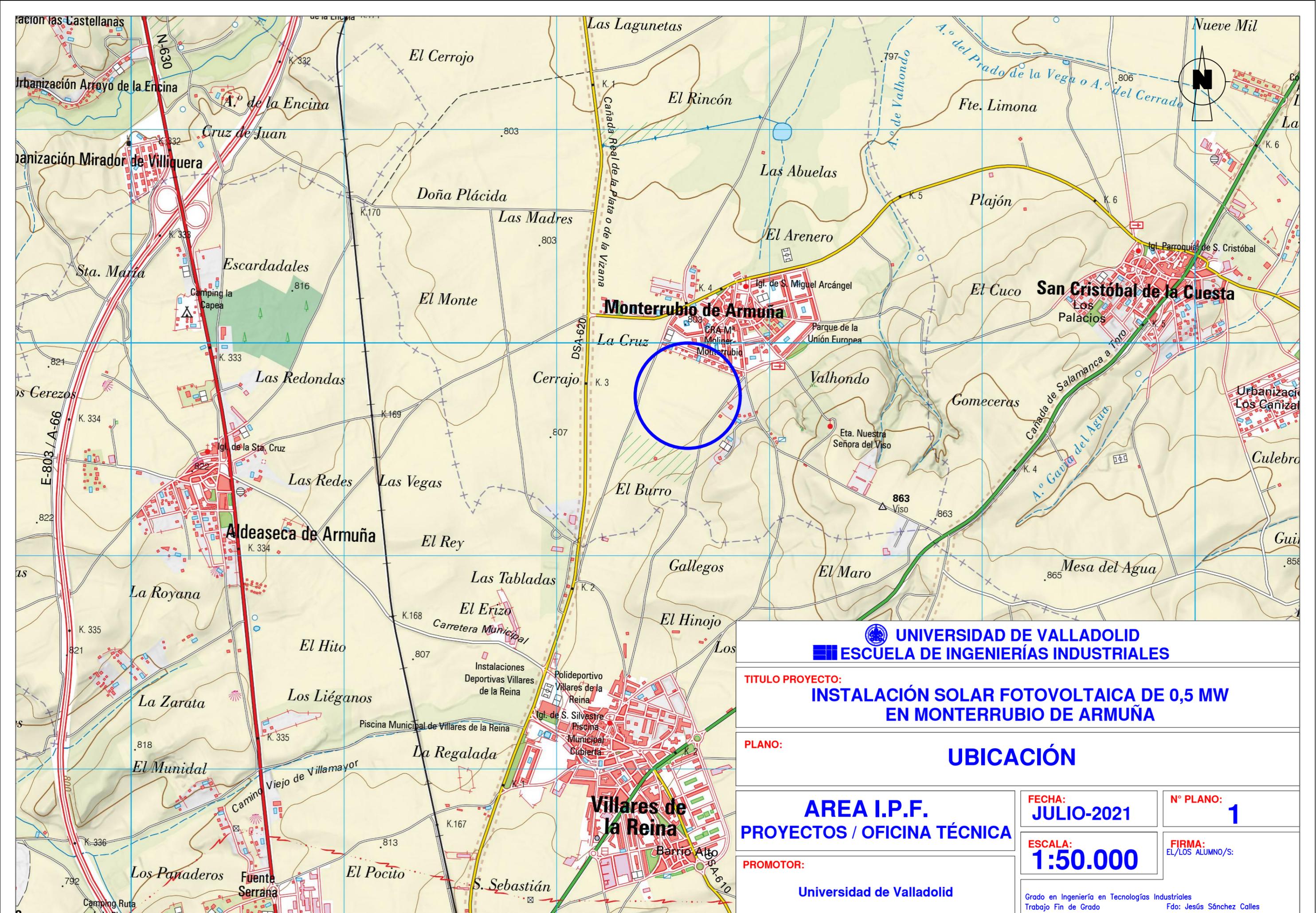
Plano 10: Detalle constructivo de zanjas



Valladolid, 27 de Junio del 2021

EI GRADUADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

Fdo. Sánchez Calles, Jesús




**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**  
**ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES**

**TÍTULO PROYECTO:**  
**INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA DE 0,5 MW**  
**EN MONTRERUBIO DE ARMUÑA**

**PLANO:**  
**UBICACIÓN**

**AREA I.P.F.**  
**PROYECTOS / OFICINA TÉCNICA**

**PROMOTOR:**  
**Universidad de Valladolid**

**FECHA:**  
**JULIO-2021**

**Nº PLANO:**  
**1**

**ESCALA:**  
**1:50.000**

**FIRMA:**  
 EL/LOS ALUMNO/S:

Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales  
 Trabajo Fin de Grado

Fdo: Jesús Sánchez Calles



CRTA. DSA-611

CASCO URBANO MONTERRUBIO DE ARMUÑA

PLANTA FOTOVOLTAICA

LÍMITE MUNICIPAL

 **UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**  
**ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES**

**TITULO PROYECTO:**  
**INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA DE 0,5 MW  
EN MONTERRUBIO DE ARMUÑA**

**PLANO:**  
**EMPLAZAMIENTO**

**AREA I.P.F.**  
**PROYECTOS / OFICINA TÉCNICA**

**FECHA:**  
**JULIO-2021**

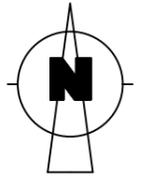
**Nº PLANO:**  
**2**

**PROMOTOR:**  
**Universidad de Valladolid**

**ESCALA:**  
**1:5.000**

**FIRMA:**  
EL/LOS ALUMNO/S:

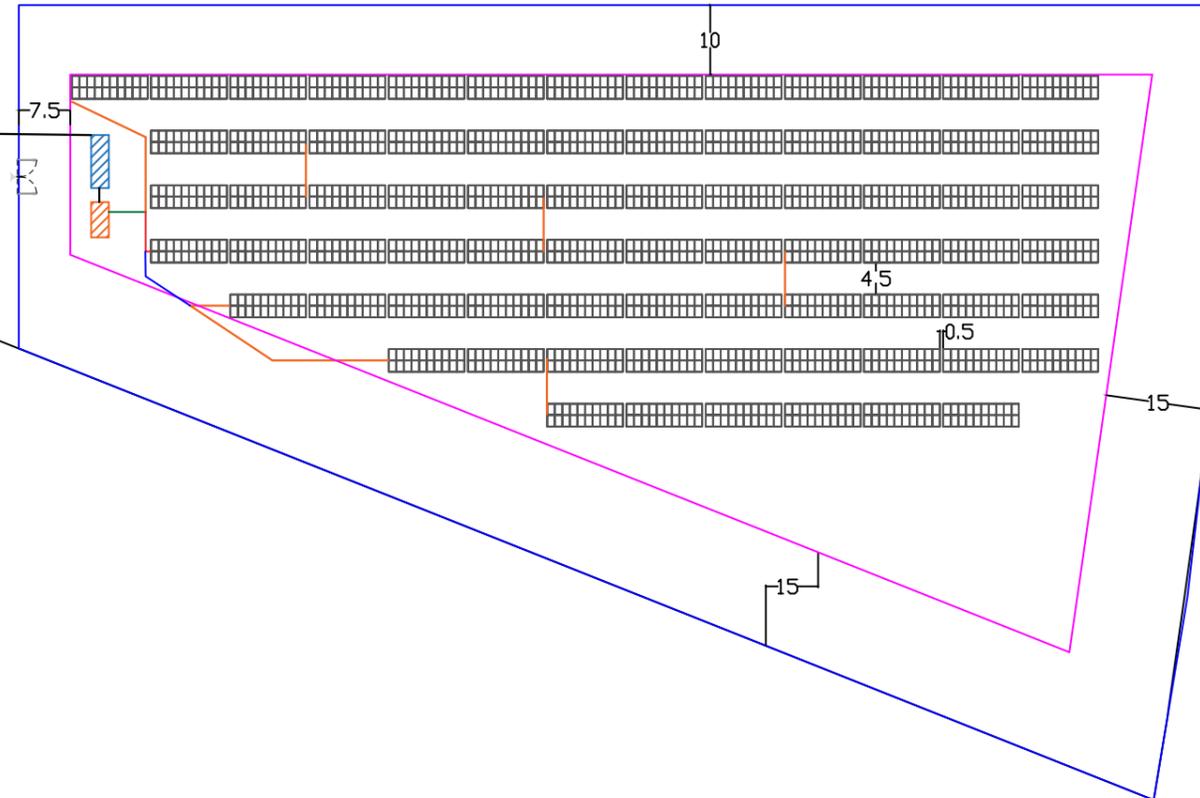
LÍNEA EXISTENTE 20 kV  
 PROPIEDAD IBERDROLA  
 REF.: SA-14875



VALLADO PERIMETRAL

Camino viejo de Villares de la Reina

Acceso a la planta



**LEYENDA:**

- Zanja tipo A
- Zanja tipo B
- Zanja tipo C
- Zanja tipo D
- Zanja tipo E
- X Torre eléctrica de conexión
- Centro de transformación (C.d.T)
- Centro de baja tensión (C.B.T)

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**  
**ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES**

**TITULO PROYECTO:**  
**INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA DE 0,5 MW  
 EN MONTEERRUBIO DE ARMUÑA**

**PLANO:**  
**CIERRE PERIMETRAL Y LINDEROS**

**AREA I.P.F.**  
**PROYECTOS / OFICINA TÉCNICA**

**FECHA:**  
**JULIO-2021**

**Nº PLANO:**  
**3**

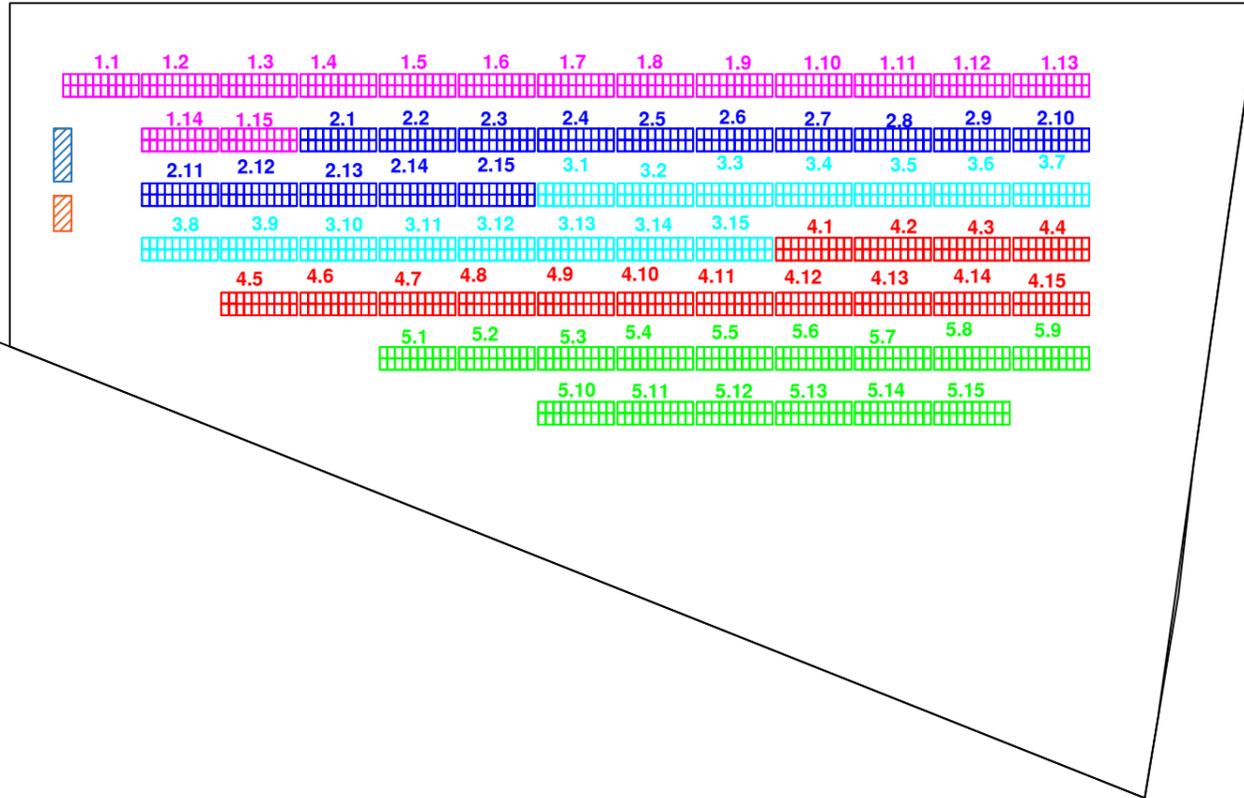
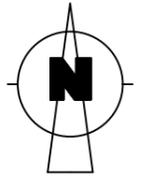
**PROMOTOR:**  
**Universidad de Valladolid**

**ESCALA:**  
**1:1.000**

**FIRMA:**  
 EL/LOS ALUMNO/S:

LÍNEA EXISTENTE 20 kV  
PROPIEDAD IBERDROLA

REF.: SA-14875



**LEYENDA:**

-  Estructuras fotovoltaicas
-  Torre eléctrica
-  Centro de transformación (C.d.T)
-  Centro de baja tensión (C.B.T)
-  Cruceta
-  Módulos conectados al inversor Nº 1
-  Módulos conectados al inversor Nº 2
-  Módulos conectados al inversor Nº 3
-  Módulos conectados al inversor Nº 4
-  Módulos conectados al inversor Nº 5

Los números corresponden al número de identificación de cada mesa

 **UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**  
**ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES**

**TITULO PROYECTO:**  
**INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA DE 0,5 MW  
EN MONTERRUBIO DE ARMUÑA**

**PLANO:**  
**DISTRIBUCIÓN EN PLANTA**

**AREA I.P.F.**  
**PROYECTOS / OFICINA TÉCNICA**

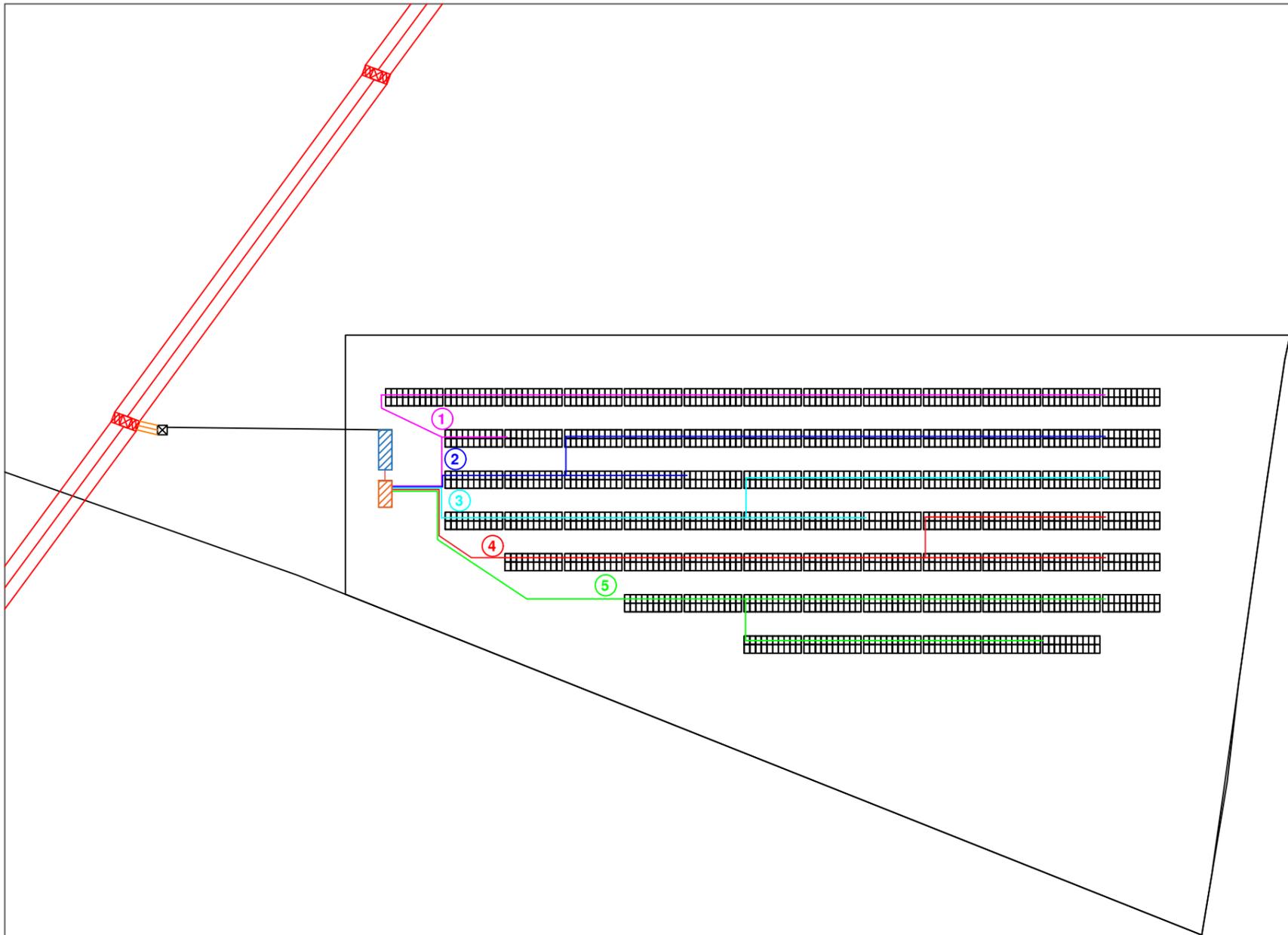
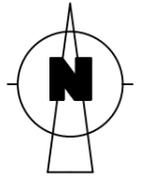
**FECHA:**  
**JULIO-2021**

**Nº PLANO:**  
**4**

**ESCALA:**  
**1:1.000**

**FIRMA:**  
EL/LOS ALUMNO/S:

**PROMOTOR:**



**LEYENDA:**

- Cable C.C de conexión al inversor Nº 1
- Cable C.C de conexión al inversor Nº 2
- Cable C.C de conexión al inversor Nº 3
- Cable C.C de conexión al inversor Nº 4
- Cable C.C de conexión al inversor Nº 5
- Cable de conexión corriente alterna
- Cable de conexión enterrado alta tensión
- Cable de conexión aéreo alta tensión
- Centro de transformación (C.d.T)
- Centro de baja tensión (C.B.T)

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**  
**ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES**

**TITULO PROYECTO:**  
**INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA DE 0,5 MW  
EN MONTERRUBIO DE ARMUÑA**

**PLANO:**  
**CONEXIÓN ELÉCTRICA**

**AREA I.P.F.**  
**PROYECTOS / OFICINA TÉCNICA**

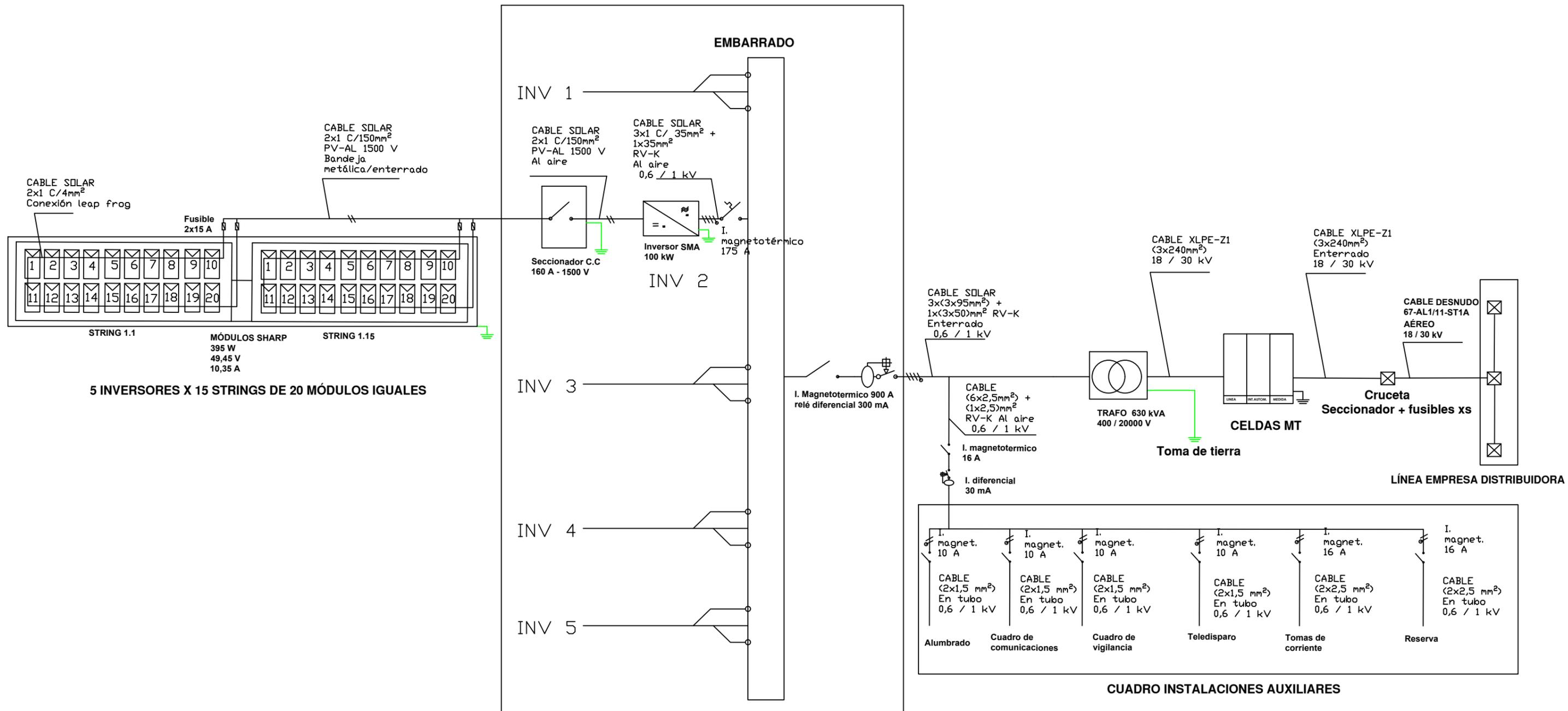
**FECHA:**  
**JULIO-2021**

**Nº PLANO:**  
**5**

**PROMOTOR:**  
**Universidad de Valladolid**

**ESCALA:**  
**1:1.000**

**FIRMA:**  
EL/LOS ALUMNO/S:



**TITULO PROYECTO:**  
**INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA DE 0,5 MW**  
**EN MONTEERRUBIO DE ARMUÑA**

**PLANO:**  
**ESQUEMA UNIFILAR**

**AREA I.P.F.**  
**PROYECTOS / OFICINA TÉCNICA**

**FECHA:**  
**JULIO-2021**

**Nº PLANO:**  
**6**

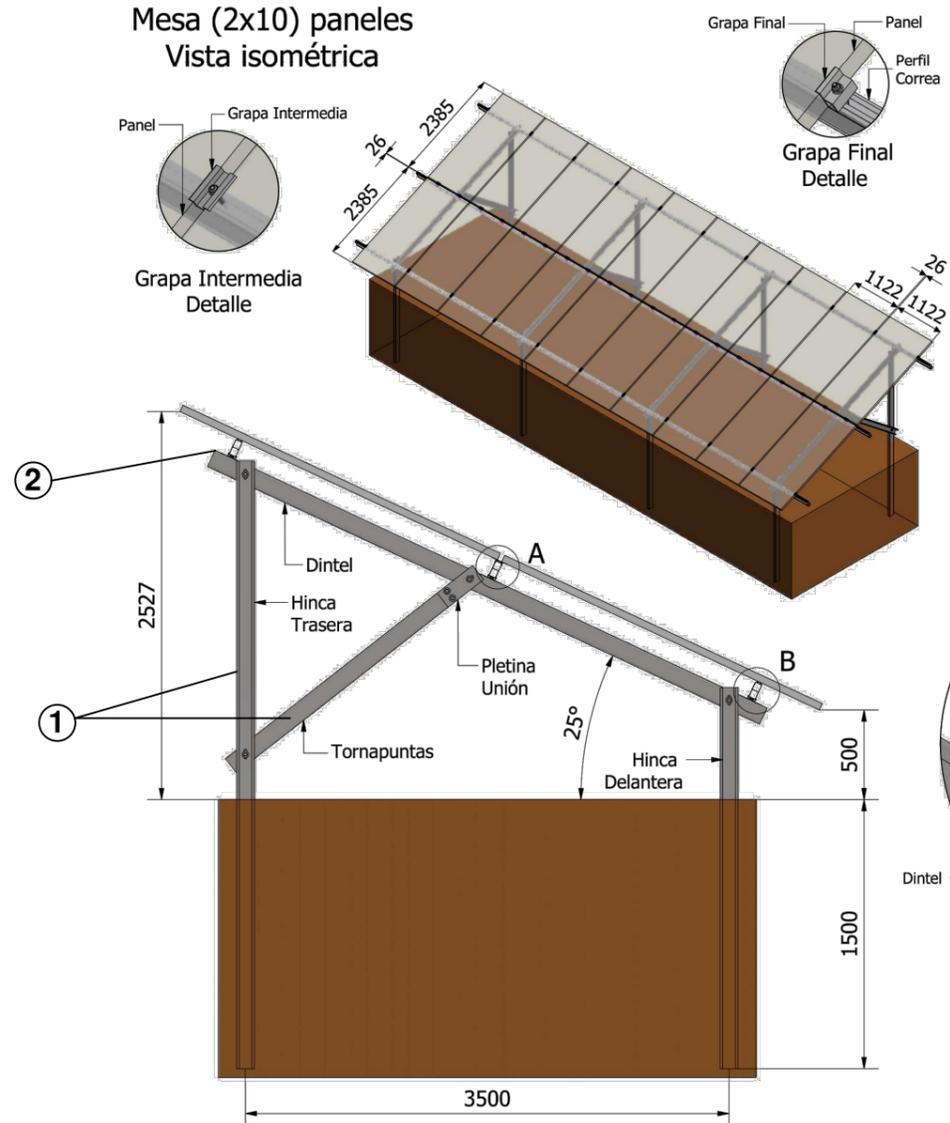
**PROMOTOR:**

**Universidad de Valladolid**

**ESCALA:**  
**S/E**

**FIRMA:**  
 EL/LOS ALUMNO/S:

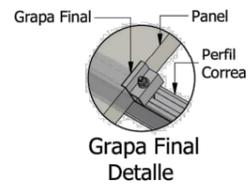
Mesa (2x10) paneles  
Vista isométrica



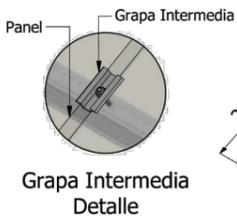
Mesa (2x10) paneles - Vista lateral

**Materiales:**

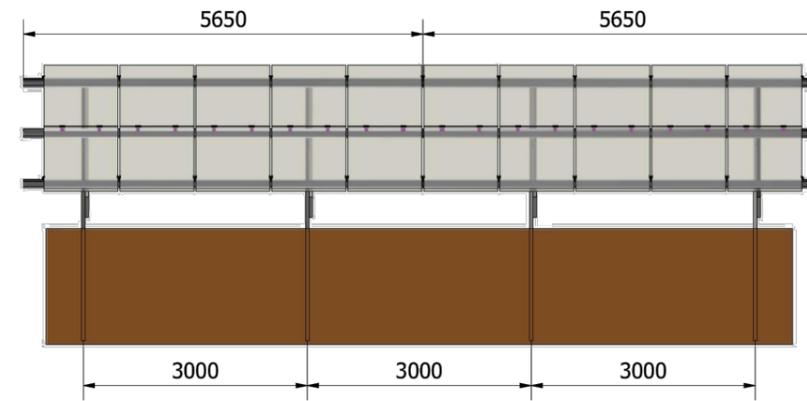
- ① Postes de acero galvanizado
- ② Emparrillado de aluminio



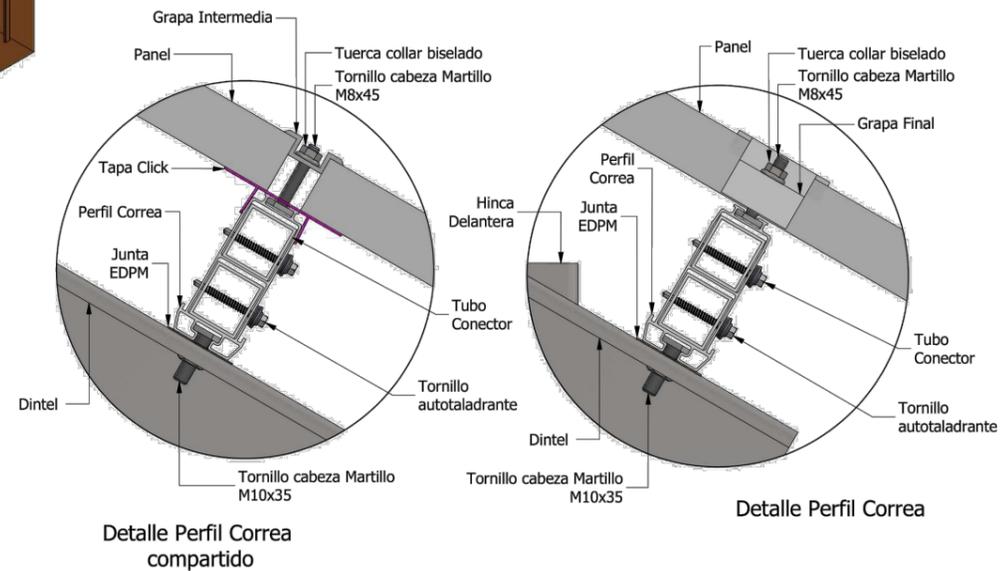
Grapa Final  
Detalle



Grapa Intermedia  
Detalle



Mesa (2x10) paneles  
Vista frontal



Detalle Perfil Correa  
compartido

Detalle Perfil Correa

**TITULO PROYECTO:**  
**INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA DE 0,5 MW  
EN MONTEERRUBIO DE ARMUÑA**

**PLANO:**  
**ESTRUCTURA SOPORTE**

**AREA I.P.F.**  
**PROYECTOS / OFICINA TÉCNICA**

**FECHA:**  
**JULIO-2021**

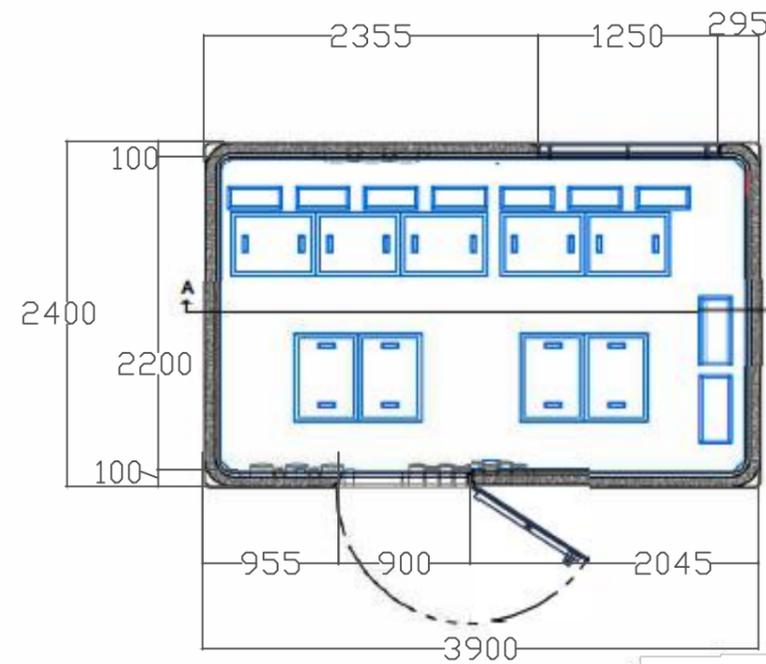
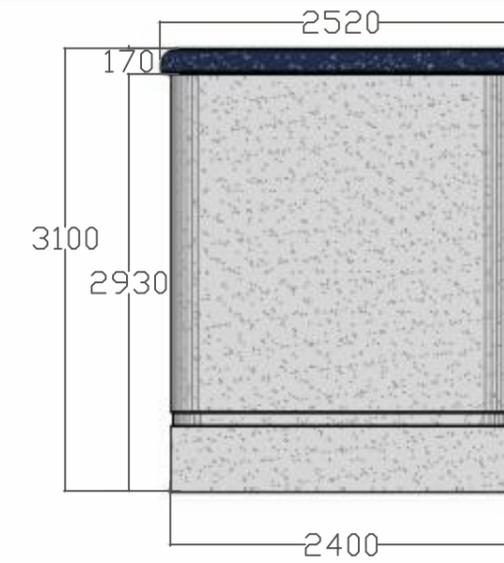
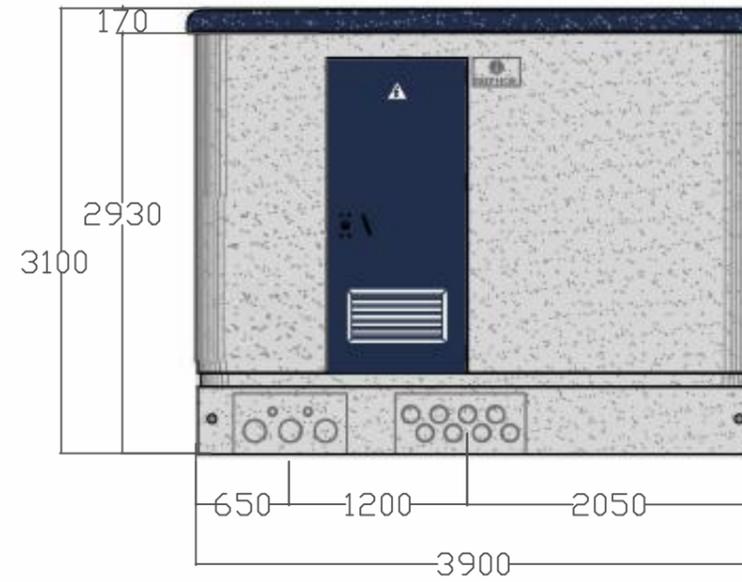
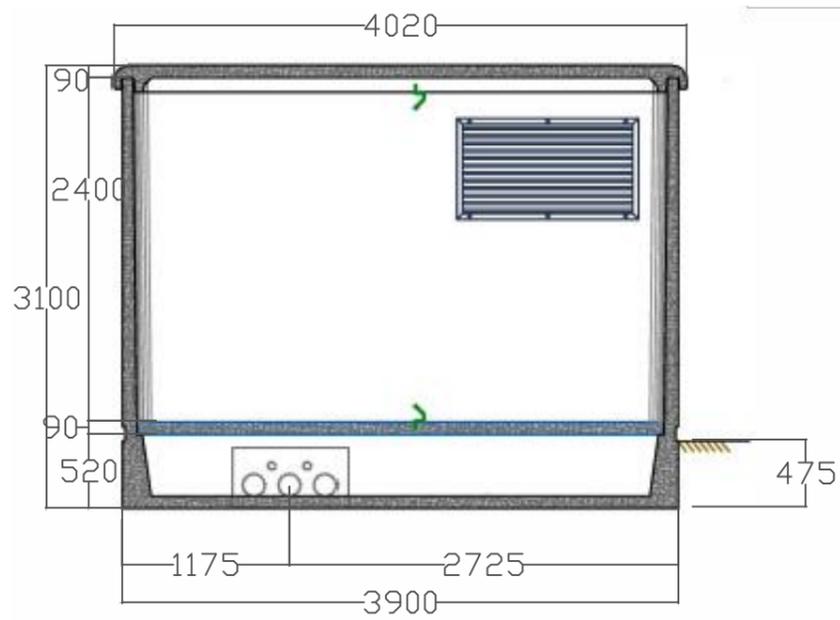
**Nº PLANO:**  
**7**

**PROMOTOR:**

**Universidad de Valladolid**

**ESCALA:**  
**1:100**

**FIRMA:**  
EL/LOS ALUMNO/S:



 **UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**  
**ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES**

**TÍTULO PROYECTO:**  
**INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA DE 0,5 MW**  
**EN MONTERRUBIO DE ARMUÑA**

**PLANO:**  
**CENTRO DE BAJA TENSIÓN**

**AREA I.P.F.**  
**PROYECTOS / OFICINA TÉCNICA**

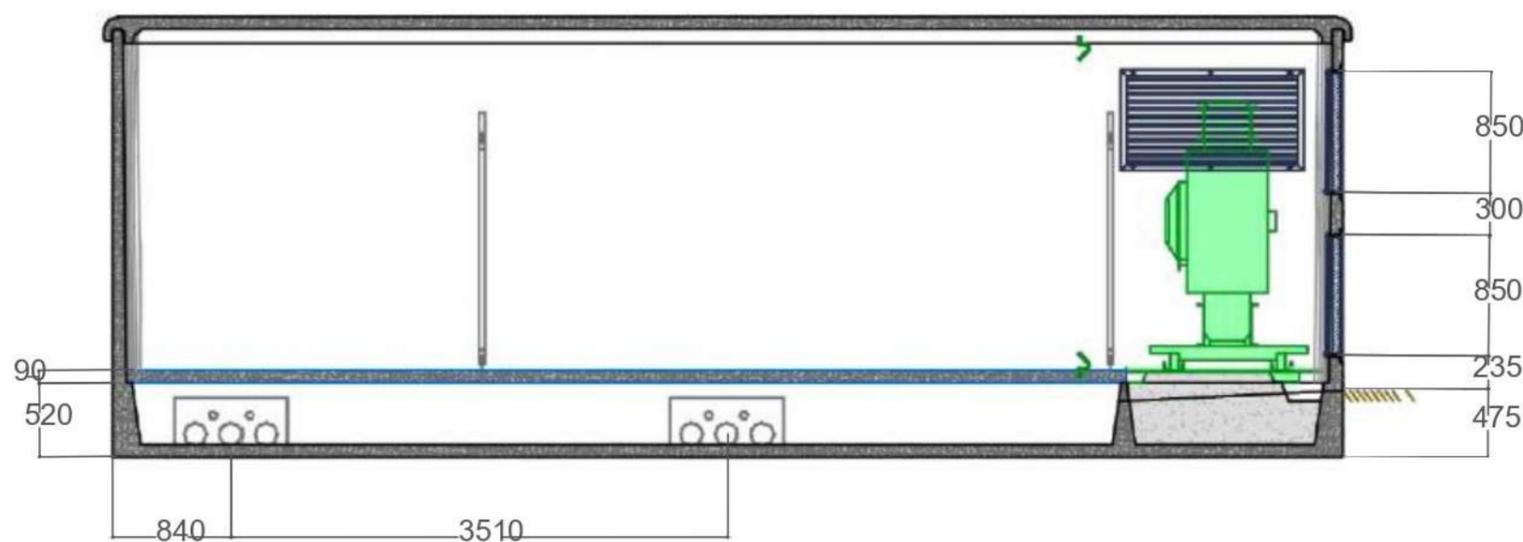
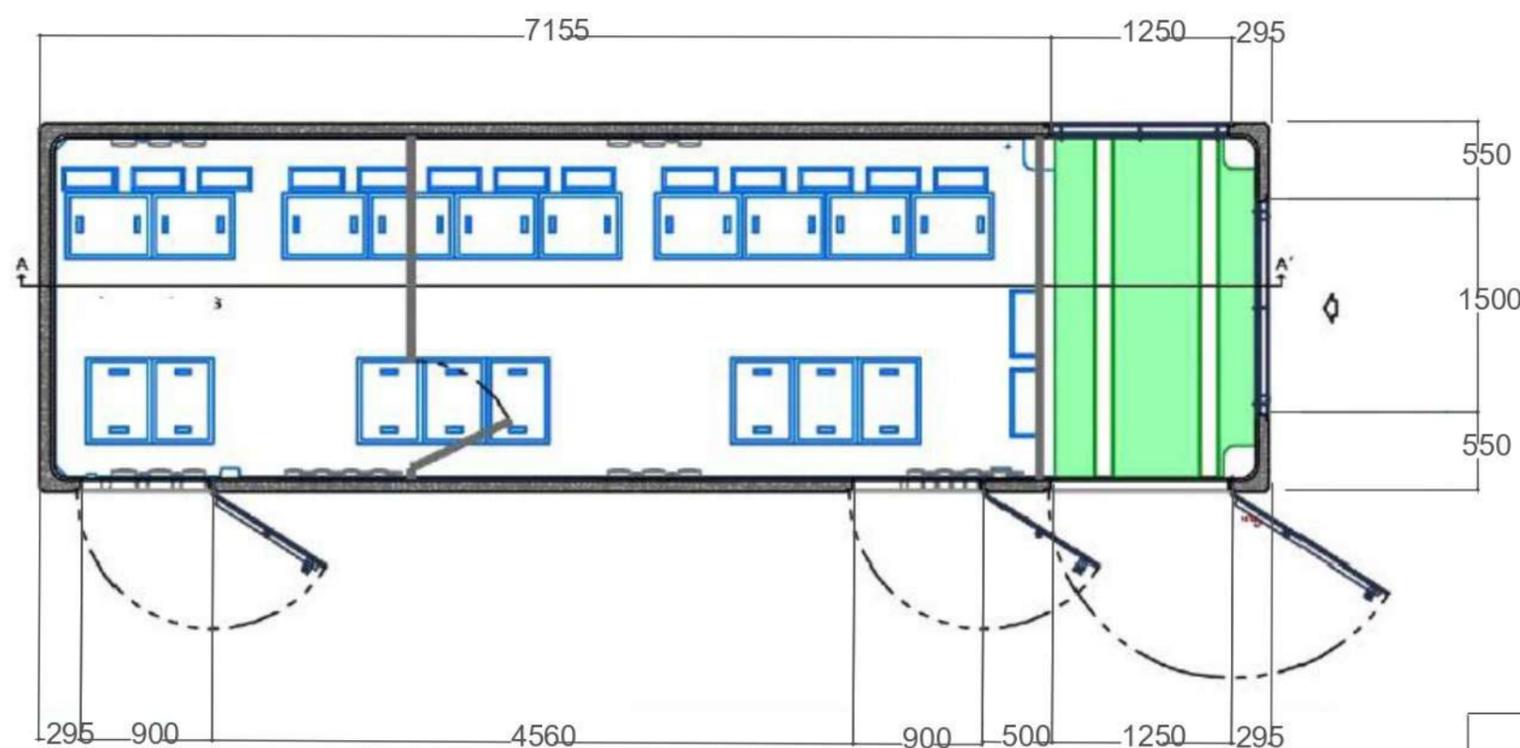
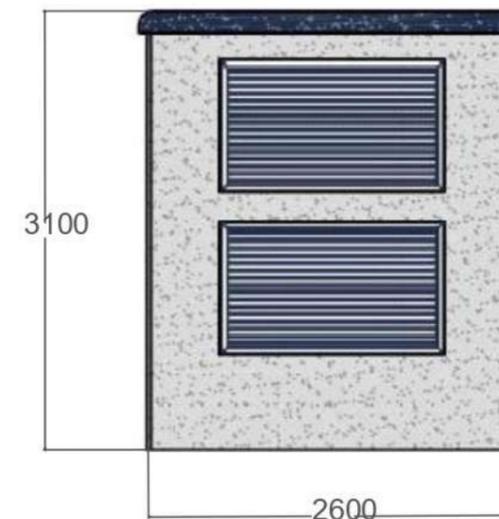
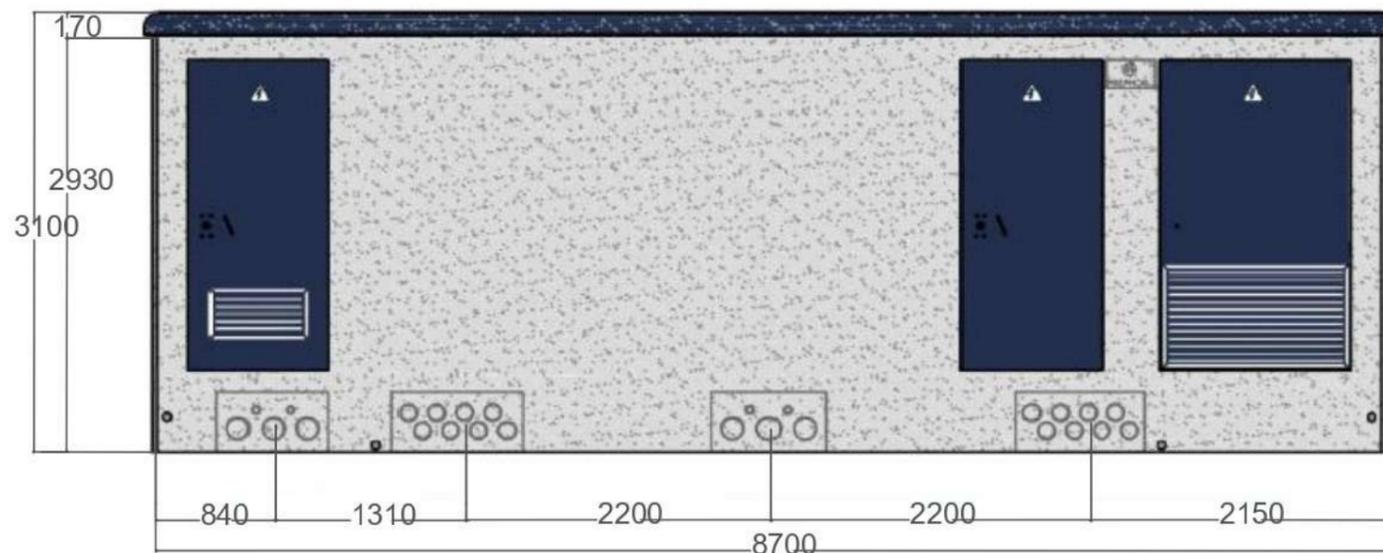
**FECHA:**  
**JULIO-2021**

**Nº PLANO:**  
**8**

**PROMOTOR:**  
**Universidad de Valladolid**

**ESCALA:**  
**1:50**

**FIRMA:**  
 EL/LOS ALUMNO/S:




**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**  
**ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES**

**TÍTULO PROYECTO:**  
**INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA DE 0,5 MW**  
**EN MONTERRUBIO DE ARMUÑA**

**PLANO:**  
**CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**

**AREA I.P.F.**  
**PROYECTOS / OFICINA TÉCNICA**

**FECHA:**  
**JULIO-2021**

**Nº PLANO:**  
**9**

**ESCALA:**  
**1:50**

**FIRMA:**  
 EL/LOS ALUMNO/S:

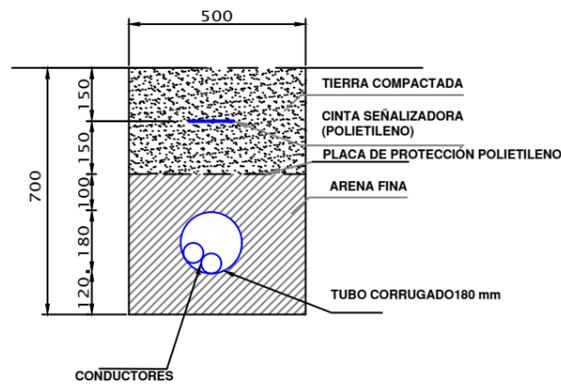
**PROMOTOR:**

**Universidad de Valladolid**

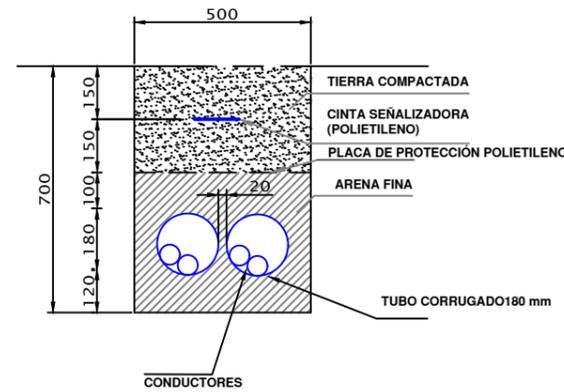
Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales  
 Trabajo Fin de Grado

Fdo: Jesús Sánchez Calles

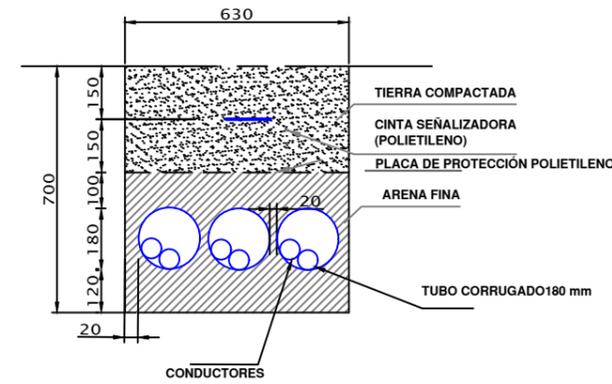
**ZANJA TIPO A**



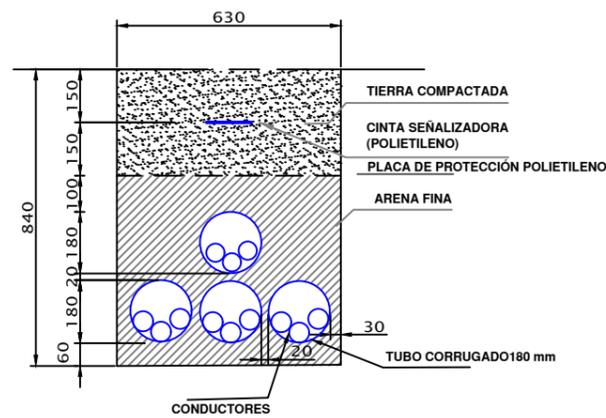
**ZANJA TIPO B**



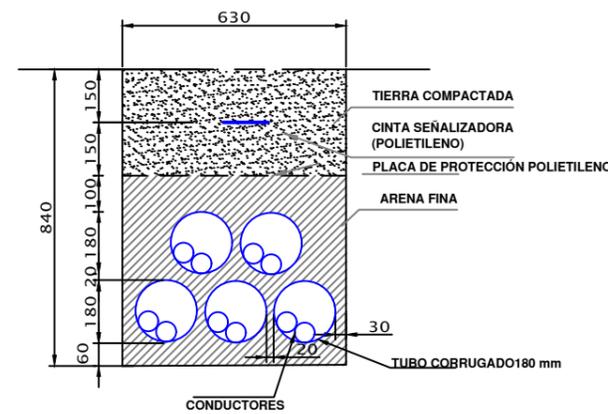
**ZANJA TIPO C**



**ZANJA TIPO D**



**ZANJA TIPO E**



**TÍTULO PROYECTO:**  
**INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA DE 0,5 MW**  
**EN MONTEERRUBIO DE ARMUÑA**

**PLANO:**  
**PLANO DE DETALLE SECCIONES ZANJAS**

**AREA I.P.F.**  
**PROYECTOS / OFICINA TÉCNICA**

**FECHA:**  
**JULIO-2021**

**Nº PLANO:**  
**10**

**PROMOTOR:**

**Universidad de Valladolid**

**ESCALA:**  
**1:20**

**FIRMA:**  
 EL/LOS ALUMNO/S:

# DOCUMENTO 3: PLIEGO DE CONDICIONES



**ÍNDICE PLIEGO DE CONDICIONES:**

1.	DISPOSICIONES GENERALES .....	135
2.	NORMATIVA DE APLICACIÓN .....	135
3.	COMPONENTES .....	135
3.1.	MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.....	135
3.2.	ESTRUCTURA SOPORTE .....	136
3.3.	INVERSOR .....	136
3.4.	INTERCONEXIÓN Y CABLEADO.....	137
3.5.	TUBOS DE PROTECCIÓN PARA EL CABLEADO .....	137
3.6.	PUESTA A TIERRA.....	138
3.7.	SISTEMA ELÉCTRICO DE SERVICIOS AUXILIARES Y DE CONTROL ..	138
3.8.	MEDIDA Y FACTURACIÓN .....	138
4.	CONDICIONES DE MONTAJE.....	139
4.1.	GENERALIDADES.....	139
4.2.	MONTAJE DE ESTRUCTURA SOPORTE Y PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS.....	139
4.3.	MONTAJE DE INVERSORES .....	139
4.4.	MONTAJE DEL CABLEADO .....	140
5.	CONEXIÓN A LA RED .....	140
6.	PUESTA EN SERVICIO.....	140
6.1.	PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO .....	140
6.2.	RECEPCIÓN .....	141
7.	LIBRO DE ORDENES.....	141
8.	GLOSARIO .....	142



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
POLITÉCNICAS

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 0,5 MW en Monterrubio de Armuña conectada a red de media tensión.

## Documento 3: Pliego de condiciones

## 1. DISPOSICIONES GENERALES

El objetivo del pliego de condiciones es fijar las condiciones técnicas mínimas que se deben cumplir durante la construcción de la instalación fotovoltaica en la parcela 36, polígono 502 del término municipal Monterrubio de Armuña (Salamanca).

Este documento pretende servir de guía, definiendo las especificaciones que debe cumplir la instalación para asegurar su correcto desarrollo y calidad.

## 2. NORMATIVA DE APLICACIÓN

Todos los materiales, aparatos, máquinas y conjuntos integrados en los circuitos de la instalación proyectada, además de cumplir con las normas, especificaciones técnicas y homologaciones de obligado cumplimiento por la legislación vigente, también se ajustan a la normativa de la red distribuidora ‘i-DE redes eléctricas inteligentes’.

## 3. COMPONENTES

Los componentes utilizados en la instalación fotovoltaica son:

- Módulos fotovoltaicos
- Estructura soporte
- Inversor
- Interconexión y cableado
- Tubos de protección para el cableado
- Puesta a tierra
- Sistema eléctrico de servicios auxiliares y de control
- Medida y facturación

### 3.1. MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

El módulo fotovoltaico es el elemento principal de las instalaciones fotovoltaicas. La misión de los módulos fotovoltaicos es captar la energía solar y transformarla en energía eléctrica.

Las especificaciones técnicas mínimas que deben cumplir los módulos fotovoltaicos son:

- Mercado CE, según Directiva 2014/35/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de febrero de 2014, sobre la armonización de las legislaciones

de los Estados miembros en materia de comercialización de material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión.

- Cumplimiento de UNE-EN 61730, 'Cualificación de la seguridad de los módulos fotovoltaicos (FV)' y UNE-EN 61215, 'Módulos fotovoltaicos (FV) de silicio cristalino para uso terrestre'.
- Homologación UNE-EN 50380, 'Requisitos de marcado y de documentación para los módulos fotovoltaicos'.
- Cumplimiento ISO 9001 e ISO 14001.

Además, la garantía que del fabricante será como mínimo de 10 años, estando garantizada la degradación de la siguiente forma:

- Degradación máxima a los 10 años < 10%
- Degradación máxima a los 25 años < 20%

### 3.2. ESTRUCTURA SOPORTE

Las especificaciones técnicas mínimas que deben cumplir las estructuras son:

- Cumplimiento normas UNE ISO 1461 e UNE-EN 10326.
- Cumplimiento del Código Técnico de la Edificación soportando vientos de hasta 35 m/s.

Además, deberemos asegurarnos que el diseño de la estructura y el sistema de fijación de los módulos fotovoltaicos permitan dilataciones térmicas, sin que se vean afectados los módulos fotovoltaicos.

### 3.3. INVERSOR

El inversor es el elemento capaz de transformar la energía en corriente continua generada por los módulos fotovoltaicos en corriente alterna para poder inyectarla a la red de distribución.

Las especificaciones técnicas mínimas que deben cumplir los inversores son:

- Protección mínima IP20.
- Cumplimiento de la normativa EN61000-6-4, EN61000-6-2, EN61000-3-11 y EN61000-3-12 sobre compatibilidad electromagnética.
- Cumplimiento de la normativa EN62109-1 y EN62109-2 sobre la seguridad de los convertidores de potencia utilizados en sistemas de potencia fotovoltaicos.
- Cumplimiento de la directiva para el material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión 2014/35/UE.

Además, el inversor debe cumplir con las directivas comunitarias de seguridad eléctrica y compatibilidad electromagnética, incorporando protecciones internas frente a:

- Cortocircuitos a la salida.
- Tensión de red fuera de rango.
- Frecuencia de red fuera de rango.
- Perturbaciones en la red eléctrica.

### 3.4. INTERCONEXIÓN Y CABLEADO

Todos los cables utilizados en la instalación fotovoltaica están diseñados para cumplir con lo especificado en la guía ITC-BT-40, Instalaciones generadoras de baja tensión.

Las especificaciones técnicas mínimas que debe cumplir el cableado son:

- Admitirá un 125 % de la intensidad máxima admisible.
- Tendrá una caída de tensión máxima del 1,5 % en corriente continua y del 2 % en corriente alterna.
- Los cables serán de cobre o aluminio.
- Los positivos y negativos de cada grupo de módulos irá por separado y de acuerdo a la normativa vigente.
- Los cables estarán protegidos contra la degradación por efecto de la intemperie y doble aislamiento cumpliendo con la norma UNE 21123.
- Todos los cables serán flexibles y con longitud adecuada para que no exista riesgo de cizalladura.
- Todos los circuitos estarán adecuadamente etiquetados e identificados conforme a los esquemas eléctricos.
- Tendrán una protección mínima IP65 si se encuentran a la intemperie o IP40 para los situados en el interior de los centros.

### 3.5. TUBOS DE PROTECCIÓN PARA EL CABLEADO

Todos los tubos utilizados en la instalación fotovoltaica están diseñados para cumplir con lo especificado en la guía ITC-BT-21, 'Sistemas de tubos para la conducción de cables'.

Las especificaciones técnicas mínimas que deben cumplir los tubos son:

- Serán de polietileno de doble pared, la interior será lisa y la exterior corrugada.

- Deberán cumplir la norma UNE-EN 61386 ‘Sistemas de tubos para la conducción de cables’.
- La profundidad mínima a la que estén enterrados será de 60 centímetros, estando cubiertos de arena.
- Después de instalarlos, se llenarán de espuma de poliuretano, formando una barrera que impida el paso de agua y suciedad.

### 3.6. PUESTA A TIERRA

Las condiciones técnicas mínima que debe cumplir la instalación puesta a tierra son:

- La puesta a tierra de la instalación fotovoltaica será independiente, de forma que no afecte a las condiciones de puesta a tierra de la empresa distribuidora.
- La sección mínima del conductor de puesta a tierra será de 35 mm<sup>2</sup>.
- Los conductores de cobre utilizados como electrodos serán de clase 2 según la norma UNE 21022 y enterrados como mínimo a 0,5 m de profundidad.
- Todas las partes metálicas no activas estarán conectadas a la tierra de la instalación.

### 3.7. SISTEMA ELÉCTRICO DE SERVICIOS AUXILIARES Y DE CONTROL

El sistema eléctrico de servicios auxiliares y de control deberá cumplir con el Reglamento electrotécnico de baja tensión en todos aquellos puntos que sean de aplicación, así como las recomendaciones de la Comisión Electrotécnica internacional (CEI).

### 3.8. MEDIDA Y FACTURACIÓN

Los equipos de medida de la instalación fotovoltaica se ubicarán conforme a lo establecido en las normas de la empresa distribuidora MT 3.53.01.

Además, se ajustará al Real Decreto 889/2006 del 21 de Julio, por el que se regula el control metrológico del Estado sobre instrumentos de medida.

## 4. CONDICIONES DE MONTAJE

### 4.1. GENERALIDADES

La instalación fotovoltaica se ejecutará utilizando materiales y procedimientos que garanticen las exigencias del servicio, funcionamiento, durabilidad y seguridad.

Se comprobará que la calidad de todos los materiales y de los equipos empleados, se ajusten a lo especificado en este documento.

Todos los equipos y máquinas estarán convenientemente protegidas durante todo el proceso constructivo para evitar su deterioro.

Una vez instalados todos los componentes, se asegurará que las placas de características sean visibles.

Una vez finalice la obra, se limpiarán todos los componentes de polvo y suciedad producidos durante la obra, dejándolos en buen estado para su puesta en marcha.

### 4.2. MONTAJE DE ESTRUCTURA SOPORTE Y PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS

El montaje de la estructura fotovoltaica lo realizará íntegramente el fabricante. Una vez instalados, se realizarán pruebas de cargas por viento y nieve con lo establecido en el Código Técnico de Edificación. Se dejarán holguras entre los paneles evitando de esta manera posibles transmisiones de esfuerzos por dilatación entre ellos.

Los paneles solares se colocarán siguiendo las instrucciones del fabricante de las estructuras sin que suponga ningún riesgo para los paneles y comprobando que queden bien sujetos con las grapas a la estructura.

### 4.3. MONTAJE DE INVERSORES

Los inversores de la instalación fotovoltaica estarán ubicados en el Centro de baja tensión. El centro contará con las rejillas necesarias para que exista una ventilación natural. Se garantizará un espacio libre de por lo menos un metro para permitir las operaciones de mantenimiento en la parte frontal. Se asegurará que la distancia al techo sea mayor a 60 centímetros.

Además, la entrada de los cables de corriente continua y corriente alterna se realizará de manera subterránea.

#### 4.4. MONTAJE DEL CABLEADO

El cableado de la instalación fotovoltaica irá sin torsiones ni esfuerzos, disponiéndose mediante trazados rectos y uniformes.

### 5. CONEXIÓN A LA RED

La generación eléctrica de la instalación solar es destinada íntegramente a su venta mediante su vertido a la red de distribución eléctrica. Se verificará que se cumple con las siguientes condiciones definidas en el Pliego de condiciones de la IDAE:

- El funcionamiento de la instalación fotovoltaica no provocará averías a la red de distribución, disminuciones de las condiciones de seguridad ni alteraciones superiores a las admitidas.
- No podrá dar origen a condiciones peligrosas de trabajo para el personal de mantenimiento y explotación de la red de distribución. Si la línea de distribución se quedase desconectada de la red, la instalación fotovoltaica no mantendrá tensión en la línea de distribución.
- En el circuito de generación hasta el equipo de medida no existirá ningún elemento intercalado de generación distinto del fotovoltaico, ni de acumulación, ni de consumo.
- El factor de potencia de la energía suministrada a la línea de distribución será cercano a la unidad.

### 6. PUESTA EN SERVICIO

#### 6.1. PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO

Antes de la puesta en servicio de la instalación fotovoltaica, será necesario la aprobación de una OCA de toda la instalación.

Una vez se haya obtenido el visto bueno por el organismo de control, se dejarán 15 días de pruebas entre la instalación fotovoltaica y la empresa distribuidora. Las pruebas a realizar según lo establecido en el pliego de condiciones de la IDAE son:

- Puesta en operación de todos los sistemas y comprobación del correcto funcionamiento (campo fotovoltaico, seguidores, inversores, contadores).
- Pruebas de arranque y paradas en distintos instantes de funcionamiento, a distintas potencias de operación.

- Comprobación de que los voltajes e intensidades de los diferentes circuitos se corresponden con los de diseño (generador, inversor y puesta a tierra).
- Prueba de funcionamiento correcto de los sistemas de seguridad (magnetotérmicos y diferenciales)
- Verificación del correcto funcionamiento del sistema de control.
- Revisión de los parámetros del sistema de seguimiento y su correcto funcionamiento a distintas horas del día.
- Comprobación de las prestaciones energéticas reales, medidas a través del equipo de medición y monitorización instalado, respecto a las prestaciones de diseño.

## 6.2. RECEPCIÓN

El acta de recepción definitiva no se firmará hasta haber transcurrido los 15 días de la puesta en marcha y comprobar que todos los elementos han funcionado de manera correcta y sin interrupciones.

Con la aceptación definitiva, se entregará un documento con los requisitos mínimos de documentación, puesta en marcha e inspección del sistema.

## 7. LIBRO DE ORDENES

Se dispondrá un libro de órdenes, en el que se registrarán todas las incidencias que ocurran durante la vida útil de la instalación

## 8. GLOSARIO

Radiación solar: Energía procedente del sol en forma de ondas electromagnéticas

Irradiancia: Potencia de la radiación solar, se mide en  $\text{kW/m}^2$ .

Irradiación: Energía de la radiación solar, se mide en  $\text{kWh/m}^2$ .

Instalación fotovoltaica: Instalación de módulos fotovoltaicos para la conversión directa de la radiación solar en energía eléctrica.

Célula fotovoltaica: Unidad básica del sistema fotovoltaica donde se produce la transformación de energía lumínica a energía eléctrica.

Punto de conexión: Lugar donde se conecta la instalación fotovoltaica con un punto de red de la empresa distribuidora.

DC: siglas de corriente continua

AC: siglas de corriente alterna.

String: Término que hace referencia a número de paneles fotovoltaicos conectados en serie.

Rama fotovoltaica: Subconjunto de módulos interconectados en asociaciones serie-paralelo e igual tensión nominal.

Inversor: Convertidor de tensión y corriente continua en tensión y corriente alterna.

Potencia pico: Potencia que hace referencia a la cantidad de kW instalados con paneles fotovoltaicos.

Potencia nominal: Potencia en kW instalados por los inversores.

Interruptor general: Dispositivo de seguridad y maniobra que permite separar la instalación fotovoltaica de la red de la empresa distribuidora.



Valladolid, 27 de Junio del 2021

EI GRADUADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

Fdo. Sánchez Calles, Jesús



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
POLITÉCNICAS

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 0,5 MW en Monterrubio de Armuña conectada a red de media tensión.

## Documento 3: Pliego de condiciones



# DOCUMENTO 4: MEDICIONES



### ÍNDICE DE CAPITULOS:

Capítulo 1: Acciones previas

Capítulo 2: Obra civil

Capítulo 3: Componentes fotovoltaicos

Capítulo 4: Instalación de puesta a tierra

Capítulo 5: Vigilancia y monitorización

Capítulo 6: Seguridad y salud

Capítulo 7: Gestión de residuos



**LISTADO DE MEDICION**

Proyecto: JESUS SANCHEZ

código	uni	descripción	num. de uds.	largo	ancho	alto	parcial	medición
<b>01#</b>		<b>ACCIONES PREVIAS (1#)</b>						
<b>0101</b>	<b>m2</b>	<b>Desbroce del terreno</b> Desbroce y limpieza del terreno, hasta una profundidad mínima de 25 cm, con medios mecánicos, retirada de los materiales excavados y carga a camión, sin incluir transporte a vertedero autorizado. (ADL005d)						
			1,0	175,053	79,1724		13.859,34	
		TOTAL PARTIDA						13.859,34
<b>0102</b>	<b>m3</b>	<b>Transporte de tierras al vertedero</b> Transporte de tierras con camión a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a una distancia máxima de 10 km. (GTA020)						
			1,0	175,053	79,1724	0,2500	3.464,84	
		TOTAL PARTIDA						3.464,84
<b>0103</b>	<b>Ud</b>	<b>Aseo portátil</b> Alquiler mensual de aseo portátil de polietileno, de 1,20x1,20x2,35 m, color gris, sin conexiones. (YPC005)						
			1,0				1,00	
		TOTAL PARTIDA						1,00
<b>0104</b>	<b>Ud</b>	<b>Caseta portátil para maquinaria</b> Mes de alquiler de caseta prefabricada para almacenamiento en obra de materiales, pequeña maquinaria y herramientas, de 3,43x2,05x2,30 m (7,00 m <sup>2</sup> ), compuesta por: estructura metálica mediante perfiles conformados en frío; cerramiento de chapa nervada y galvanizada con terminación de pintura pre lacada; cubierta de chapa galvanizada ondulada reforzada con perfil de acero; instalación de electricidad y fuerza con toma exterior a 230 V; tubos fluorescentes y punto de luz exterior; ventanas correderas de aluminio anodizado, con luna de 6 mm y rejas; puerta de entrada de chapa galvanizada de 1 mm con cerradura; suelo de aglomerado hidrófugo de 19 mm. (YPC040)						
			1,0				1,00	
		TOTAL PARTIDA						1,00
<b>0105</b>	<b>Ud</b>	<b>Caseta portátil para despacho de oficina en obra</b> Mes de alquiler de caseta prefabricada para despacho de oficina en obra, de 4,78x2,42x2,30 m (10,55 m <sup>2</sup> ), compuesta por: estructura metálica mediante perfiles conformados en frío; cerramiento de chapa nervada y galvanizada con terminación de pintura pre lacada; cubierta de chapa galvanizada ondulada reforzada con perfil de acero; aislamiento interior con lana de vidrio combinada con poli estireno expandido; instalación de electricidad y fuerza con toma exterior a 230 V; tubos fluorescentes y punto de luz exterior; ventanas correderas de aluminio anodizado, con luna de 6 mm y rejas; puerta de entrada de chapa galvanizada de 1 mm con cerradura; suelo de aglomerado revestido con PVC continuo de 2 mm y poli estireno de 50 mm con apoyo en base de chapa galvanizada de sección trapezoidal y revestimiento de tablero me laminado en paredes. (YPC050)						

INSTALACION FOTOVOLTAICA 0,5 MW EN MONTERRUBIO DE ARMUÑA, SALAMANCA

**LISTADO DE MEDICION**

Proyecto: JESUS SANCHEZ

código	uni	descripción	num. de uds.	largo	ancho	alto	parcial	medición
			1,0				1,00	
		TOTAL PARTIDA						1,00

**LISTADO DE MEDICION**

Proyecto : JESUS SANCHEZ

código	uni	descripción	num. de uds.	largo	ancho	alto	parcial	medición
<b>02#</b>		<b>OBRA CIVIL</b>						
		<b>(2#)</b>						
<b>0201</b>	<b>m</b>	<b>Cierre perimetral</b> Vallado perimetral de seguridad de malla simple y altura de 2,20 m (UVT010)						
		NORTE	1,0	177,221			177,22	
		ESTE	1,0	114,650			113,65	
		SUR	1,0	172,884			172,88	
		OESTE	1,0	48,5591			48,56	
		TOTAL PARTIDA						512,31
<b>0202</b>	<b>Ud</b>	<b>Puertas de acceso</b> Puerta de paso de doble hoja de 2x2 m constituida por malla de simple torsión con acabado galvanizado y plastificado en color verde RAL 6015 de 40 mm de paso de malla y 2/3 mm de diámetro. (UVP020)						
			2,0				2,00	
		TOTAL PARTIDA						2,00
<b>0203</b>	<b>m2</b>	<b>SUELO ESTABILIZADO GRANULAR IP&lt;15 e=20 cm</b> Suelo estabilizado por medios mecánicos, de material granular de IP<15, de espesor 0,20 m, hasta conseguir un material de IP<6, incluyendo extendido, humectación, compactación y rasanteado, terminado. (U03EM030)						
		Camino	1,0	177,221	5,0000		886,11	
			1,0	21,3100	5,0000		106,55	
		TOTAL PARTIDA						992,66
<b>0204</b>	<b>m3</b>	<b>Zanjas</b> Excavación en zanjas en suelo compacto por medios mecánicos sin transporte a vertedero. (ADE010)						
		ZANJA 1 TIPO A	1,0	12,6450	0,5000	0,7000	4,43	
		ZANJAS ENTRE FILAS TIPO A	4,0	7,7260	0,5000	0,7000	10,82	
		ZANJA TIPO B	1,0	29,1389	0,6300	0,5000	10,20	
		ZANJA TIPO C	1,0	12,3619	0,6300	0,7000	4,33	
		ZANJA 5 TIPO A	1,0	7,6931	0,5000	0,7000	2,69	
		ZANJA ENTRADA C.B.T	1,0	9,0273	0,6300	0,8400	3,16	
		ZANJA CA ENTRE CASSETAS	1,0	2,0000	0,6300	0,8400	0,70	
		ZANJA ALTA TENSIÓN	1,0	39,6739	0,6300	0,8400	13,89	
		TOTAL PARTIDA						50,22
<b>0205</b>	<b>Ud</b>	<b>Centro de baja tensión</b> Centro de baja tensión marca Prephor instalado completamente en la ubicación de la parcela y dimensiones 3,9 x 3,1 x 2,4 m. (ADE08U)						
			1,0				1,00	
		TOTAL PARTIDA						1,00
<b>0206</b>	<b>Ud</b>	<b>Centro de transformación</b> Centro de transformación marca Prephor instalado completamente en la ubicación del proyecto y dimensiones 7,1 x 3,1 x 2,6 m. (ADE08UQ)						

INSTALACION FOTOVOLTAICA 0,5 MW EN MONTERRUBIO DE ARMUÑA, SALAMANCA

**LISTADO DE MEDICION**

Proyecto : JESUS SANCHEZ

código	uni	descripción	num. de uds.	largo	ancho	alto	parcial	medición
			1,0				1,00	
		TOTAL PARTIDA						1,00

**LISTADO DE MEDICION**

Proyecto: JESUS SANCHEZ

código	uni	descripción	num. de uds.	largo	ancho	alto	parcial	medición
<b>03#</b>		<b>COMPONENTES FOTOVOLTAICOS (3#)</b>						
<b>0301</b>	<b>Ud</b>	<b>Módulos fotovoltaicos</b> Módulos fotovoltaicos modelo NU-JB395 de la marca Sharp 395 W. (IEF010)	1500				1.500,00	
		TOTAL PARTIDA						1.500,00
<b>0302</b>	<b>Ud</b>	<b>Inversores</b> Inversor central trifásico para conexión a red, potencia nominal de AC 100kW marca SMA. (IEF020)	5,0				5,00	
		TOTAL PARTIDA						5,00
<b>0303</b>	<b>Ud</b>	<b>Estructura soporte</b> Estructura soporte para módulos fotovoltaicos de la marca Alusín Solar modelo muniellos con 25° de inclinación hincados y colocados debidamente en la parcela. (IEF03A0)	75,0				75,00	
		TOTAL PARTIDA						75,00
<b>0304</b>	<b>Ud</b>	<b>Componentes alta tensión</b> Instalación completa de la parte de alta tensión incluyendo transformador, celdas de media tensión, seccionador, cruceta y cableado totalmente instalado y conectado. (IEF05T6)	1,0				1,00	
		TOTAL PARTIDA						1,00
<b>0305</b>	<b>m</b>	<b>Cable 150 mm2</b> Cable eléctrico unipolar, PV-Al "PRYSMIAN", resistente a la intemperie y enterrado, para instalaciones fotovoltaicas, garantizado por 30 años, tensión nominal 1500 V, de 1x150 mm2 de sección, aislamiento XLPE. (IEH015c)						
		Inversor 1 negro	1,0	176,784			176,78	
		Inversor 1 rojo	1,0	176,784			176,78	
		Inversor 2 negro	1,0	171,390			171,39	
		Inversor 2 rojo	1,0	171,390			171,39	
		Inversor 3 negro	1,0	163,423			163,42	
		Inversor 3 rojo	1,0	163,423			163,42	
		Inversor 4 negro	1,0	150,815			150,82	
		Inversor 4 rojo	1,0	150,815			150,82	
		Inversor 5 negro	1,0	211,527			211,53	
		Inversor 5 rojo	1,0	211,528			211,53	
		TOTAL PARTIDA						1.747,88
<b>0306</b>	<b>m</b>	<b>Cable 35 mm2</b> Cable eléctrico unipolar, 1000 V RV-K "PRYSMIAN", tipo, tensión nominal 0,6/1 kV, de seguridad en caso de incendio, de 1x35 mm2 de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de material Mezcla especial cero halógenos, tipo AFUMEX Z1. (IEH015)						

**LISTADO DE MEDICION**

Proyecto: JESUS SANCHEZ

código	uni	descripción	num. de uds.	largo	ancho	alto	parcial	medición
		INVERSORES 1-4	4,0	12,0000			48,00	
		INVERSOR 5	1,0	15,0000			15,00	
		TOTAL PARTIDA						63,00
<b>0307</b>	<b>m</b>	<b>Cable 95 mm2</b> Cable eléctrico unipolar, Afumex Easy (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1x95 mm <sup>2</sup> de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poli olefina termoplástica, de tipo Afames Z1, de color verde. (IEH015d)						
		TOTAL PARTIDA	1,0	63,3072			63,31	63,31
<b>0308</b>	<b>m</b>	<b>Tubos corrugados</b> Canalización enterrada de tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugado), de color naranja, de 180 mm de diámetro nominal, resistencia a la compresión 450 N. (IEO010)						
		TOTAL PARTIDA	1,0	103,770			103,77	103,77
<b>0309</b>	<b>Ud</b>	<b>Cuadro baja tensión instalaciones aux.</b> Cable eléctrico unipolar, RV-K "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1x2,5 mm <sup>2</sup> de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE). (IEH015b)						
		TOTAL PARTIDA	1,0				1,00	1,00
<b>0310</b>	<b>Ud</b>	<b>Fusibles</b> Fusibles de 15 A marca Df electric número de referencia 492229 (IJYAKA67)						
		TOTAL PARTIDA	150,0				150,00	150,00
<b>0311</b>	<b>Ud</b>	<b>Magnetotérmico 170 A</b> Magnetotérmico marca Schneider modelo NSX250F TM200D 4P4R. (EYEE5)						
		TOTAL PARTIDA	5,0				5,00	5,00
<b>0312</b>	<b>Ud</b>	<b>Magnetotérmico general</b> Magnetotérmico marca Schneider modelo NS 1000 N 4P (EYETET)						

INSTALACION FOTOVOLTAICA 0,5 MW EN MONTERRUBIO DE ARMUÑA, SALAMANCA

**LISTADO DE MEDICION**

Proyecto: JESUS SANCHEZ

código	uni	descripción	num. de uds.	largo	ancho	alto	parcial	medición
		TOTAL PARTIDA	1,0				1,00	1,00
<b>0313</b>	<b>Ud</b>	<b>Transformador toroidal</b>						
		Transformador toroidal marca Schneider vigirex de 300 mm de diámetro modelo GA300 (JREGW)	1,0				1,00	
		TOTAL PARTIDA	1,0				1,00	1,00

INSTALACION FOTOVOLTAICA 0,5 MW EN MONTERRUBIO DE ARMUÑA, SALAMANCA

**LISTADO DE MEDICION**

Proyecto : JESUS SANCHEZ

código	uni	descripción	num. de uds.	largo	ancho	alto	parcial	medición
<b>04#</b>		<b>INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA (4#)</b>						
<b>0401</b>	<b>m</b>	<b>Conductor de cobre desnudo</b> Conductor de tierra formado por cable rígido desnudo de cobre trenzado, de 60 mm2 de sección. (IEP025)						
		CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	1,0	50,0000			50,00	
		CONEXIÓN DE ESTRUCTURAS	1,0	35,0000			35,00	
		TOTAL PARTIDA						85,00
<b>0402</b>	<b>Ud</b>	<b>Picas de acero</b> Toma de tierra con una pica de acero cobreado de 2 m de longitud. (IEP021)						
			20,0				20,00	
		TOTAL PARTIDA						20,00

**LISTADO DE MEDICION**

Proyecto: JESUS SANCHEZ

código	uni	descripción	num. de uds.	largo	ancho	alto	parcial	medición
<b>05#</b>		<b>VIGILANCIA Y MONITORIZACION (5#)</b>						
<b>0501</b>	<b>Ud</b>	<b>Sistema de seguridad</b> Sistema de seguridad completo incluyendo sensores, centralita, comunicación, sistema de energía de reserva. Totalmente montado, conexionado y probado. (DD900)	1,0				1,00	
		TOTAL PARTIDA						1,00
<b>0502</b>	<b>Ud</b>	<b>Modem internet</b> Módem GPRS-4G con pasarela transparente a RS485 y RS232, con las modalidades de comunicación GPRS, M2M, vocal y SMS. (IDM030_b)	1,0				1,00	
		TOTAL PARTIDA						1,00

**LISTADO DE MEDICION**

Proyecto: JESUS SANCHEZ

código	uni	descripción	num. de uds.	largo	ancho	alto	parcial	medición
<b>06#</b>	<b>Ud</b>	<b>SEGURIDAD Y SALUD (6#)</b>						
<b>0601</b>	<b>Ud</b>	<b>Materiales de seguridad y salud</b> Partida correspondiente a lo especificado en el plan de seguridad y salud desarrollado en el proyecto. (E31)	1,0				1,00	
		TOTAL PARTIDA						1,00

INSTALACION FOTOVOLTAICA 0,5 MW EN MONTERRUBIO DE ARMUÑA, SALAMANCA

**LISTADO DE MEDICION**

Proyecto: JESUS SANCHEZ

---

código	uni	descripción	num. de uds.	largo	ancho	alto	parcial	medición
<b>07#</b>		<b>GESTIÓN DE RESIDUOS (7#)</b>						
<b>0701</b>	<b>Ud</b>	<b>Unidad de gestión de residuos</b>						
		Partida correspondiente a la gestión de residuos durante el desarrollo del proyecto. (E32)						
		TOTAL PARTIDA	1,0				1,00	1,00

---





# DOCUMENTO 5: PRESUPUESTO



### ÍNDICE DE PRESUPUESTOS:

Precios básicos.....	165
Precios de la mano de obra.....	165
Precios de los materiales .....	167
Precios de la maquinaria.....	169
Cuadro de precios N° 1 (Precios en letra) .....	171
Cuadro de precios N°2 (Detalle de los precios en letra) .....	175
Presupuestos parciales .....	180
Resumen general de los presupuestos .....	181
Presupuesto en ejecución de material .....	181
Presupuesto base de licitación .....	182

### ÍNDICE DE CAPITULOS:

- Capítulo 1: Acciones previas
- Capítulo 2: Obra civil
- Capítulo 3: Componentes fotovoltaicos
- Capítulo 4: Instalación de puesta a tierra
- Capítulo 5: Vigilancia y monitorización
- Capítulo 6: Seguridad y salud
- Capítulo 7: Gestión de residuos



# PRECIOS BÁSICOS



## LISTADO DE MAQUINARIA VALORADO (Pres)

Precio de la Construcción Centro 2010

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	IMPORTE
1.1.1	215,400	h	Pala cargadora sobre neumáticos de 120 kW/1,9 m³.	29,81	6.421,07
				<b>Grupo 1.1 .....</b>	<b>6.421,07</b>
1.2.1	144,000	h	Camión basculante de 12 t de carga, de 162 kW	25,83	3.719,52
				<b>Grupo 1.2 .....</b>	<b>3.719,52</b>
2.3.3	8,280	h	Camión basculante de 10 t de carga, de 147 kW.	24,47	202,61
2.3.4	2,700	h	Motoniveladora de 141 kW.	50,21	135,57
2.3.5	7,560	h	Compactador monocilíndrico vibrante autopulsado, de 129 kW, d	46,34	350,33
2.3.6	3,600	h	Camión cisterna de 8 m³ de capacidad.	29,81	107,32
				<b>Grupo 2.3 .....</b>	<b>795,83</b>
2.4.1	45,780	h	Retroexcavadora hidráulica sobre neumáticos, de 115 kW.	36,02	1.649,00
				<b>Grupo 2.4 .....</b>	<b>1.649,00</b>
4.4.3	6,300	h	Pison vibrante de guiado manual de 80 Kg	7,06	44,48
				<b>Grupo 4.4 .....</b>	<b>44,48</b>
5.2.9	0,060	h	Retrocargadora sobre neumáticos, de 70 kW.	27,05	1,62
				<b>Grupo 5.2 .....</b>	<b>1,62</b>
<b>TOTAL .....</b>					<b>12.631,52</b>

# LISTADO DE MATERIALES VALORADO (Pres)

## Precio de la Construcción Centro 2010

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	IMPORTE
1.3.1	1,000	Ud	Mes de alquiler de aseo portátil de polietileno, de 1,20x1,20x2,	94,72	94,72
				<b>Grupo 1.3 .....</b>	<b>94,72</b>
1.4.1	1,000	Ud	Caseta portatil para maquinaria	63,83	63,83
				<b>Grupo 1.4 .....</b>	<b>63,83</b>
1.5.1	1,000	Ud	Caseta portatil despacho de oficina	94,46	94,46
				<b>Grupo 1.5 .....</b>	<b>94,46</b>
2.1.1	112,200	Ud	Poste intermedio de tubo de acero galvanizado y pintado, de 48 m	8,97	1.006,43
2.1.2	30,600	Ud	Poste interior de refuerzo de tubo de acero galvanizado y pintado	9,62	294,37
2.1.3	20,400	Ud	Poste extremo de tubo de acero galvanizado y pintado, de 48 mm d	11,67	238,07
2.1.4	102,000	Ud	Poste en escuadra de tubo de acero galvanizado y pintado, de 48	12,35	1.259,70
2.1.5	1.224,000	m <sup>2</sup>	Malla de simple torsión, de 40 mm de paso de malla y 2/3 mm de d	1,43	1.750,32
2.1.6	7,650	m <sup>3</sup>	Hormigón HM-20/B/20/I, fabricado en central.	54,85	419,60
2.10.1	150,000	Ud	Fusible 15 A y 1500 V	3,65	547,50
				<b>Grupo 2.1 .....</b>	<b>5.516,00</b>
2.2.1	0,200	m <sup>3</sup>	Hormigón HM-20/B/20/I, fabricado en central.	54,85	10,97
2.2.2	4,000	Ud	Puerta de paso constituida por cercos de tubo metálico	60,46	241,84
2.2.3	16,000	m <sup>2</sup>	Malla de simple torsión, de 40 mm de paso de malla y d=2/3 mm	1,43	22,88
				<b>Grupo 2.2 .....</b>	<b>275,69</b>
2.3.1	207,000	m <sup>3</sup>	Material adecuado de aportación, para formación de terraplenes,	4,28	885,96
				<b>Grupo 2.3 .....</b>	<b>885,96</b>
2.5.1	1,000	Ud	Centro de baja tensión marca Prephor	3.550,00	3.550,00
				<b>Grupo 2.5 .....</b>	<b>3.550,00</b>
2.6.1	1,000		Centro de transformacion marca Prephor	6.050,00	6.050,00
				<b>Grupo 2.6 .....</b>	<b>6.050,00</b>
3.1.1	1.500,000	Ud	Paneles fotovoltaicos	67,50	101.250,00
3.11.1	5,000		Magnetotermico 170 A	341,07	1.705,35
3.12.1	1,000	Ud	Magnetotermico general	13.093,92	13.093,92
3.13.1	1,000	Ud	Transformador toroidal	3.924,41	3.924,41
				<b>Grupo 3.1 .....</b>	<b>119.973,68</b>
3.2.1	5,000	Ud	Unidad de inversor SMA 100 kW	5.400,00	27.000,00
				<b>Grupo 3.2 .....</b>	<b>27.000,00</b>
3.3.1	75,000		Estructura sistema muniellos de Alusin solar totalmente instalad	502,48	37.686,00
				<b>Grupo 3.3 .....</b>	<b>37.686,00</b>
3.4.1	1,000		Componentes alta tensión	29.730,00	29.730,00
				<b>Grupo 3.4 .....</b>	<b>29.730,00</b>
4.1.1	2.000,000	m	Cable seccion 150 mm <sup>2</sup>	1,11	2.220,00
				<b>Grupo 4.1 .....</b>	<b>2.220,00</b>
4.2.1	150,000	m	Cable seccion 35 mm <sup>2</sup>	1,20	180,00
				<b>Grupo 4.2 .....</b>	<b>180,00</b>
4.3.1	90,000	m	Cable seccion 95 mm <sup>2</sup>	0,77	69,30
				<b>Grupo 4.3 .....</b>	<b>69,30</b>
4.4.1	8,400	m <sup>3</sup>	Arena de 0 a 5 mm de diametro	8,94	75,10
4.4.2	150,000	m	Tubo curvable de polietileno de doble pared para canalizacion	1,27	190,50
				<b>Grupo 4.4 .....</b>	<b>265,60</b>
4.5.1	10,000	m	Cable de seccion 2,5 mm <sup>2</sup>	0,27	2,70
4.5.2	10,000	m	Cable de sección 1,5 mm <sup>2</sup>	17,82	178,20
4.5.3	1,000	Ud	Diferencial	16,10	16,10
4.5.4	7,000	Ud	Magnetotermico	1,00	7,00
				<b>Grupo 4.5 .....</b>	<b>204,00</b>
5.1.1	50,000	m	Conductor de cobre desnudo, de 60 mm <sup>2</sup> .	2,07	103,50

## LISTADO DE MATERIALES VALORADO (Pres)

Precio de la Construcción Centro 2010

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	IMPORTE
5.1.2	5,000	Ud	Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra.	1,04	5,20
				<b>Grupo 5.1 .....</b>	<b>108,70</b>
5.2.1	20,000	Ud	Electrodo para red de toma de tierra cobreado con 300 µm, fabric	13,06	261,20
5.2.10	20,000	Ud	Soldadura aluminotérmica del cable conductor a redondo	4,13	82,60
5.2.2	5,000	m	Conductor de cobre desnudo, de 60 mm <sup>2</sup>	2,07	10,35
5.2.3	20,000	Ud	Grapa abarcón para conexión de pica.	0,73	14,60
5.2.4	20,000	Ud	Arqueta de polipropileno para toma de tierra, de 300x300 mm, co	53,71	1.074,20
5.2.5	20,000	Ud	Puente para comprobación de puesta a tierra de la instalación el	33,39	667,80
5.2.6	0,360	m <sup>3</sup>	Tierra de la propia excavación.	0,44	0,16
5.2.7	6,660	Ud	Saco de 5 kg de sales minerales para la mejora de la conductivid	2,54	16,92
5.2.8	20,000	Ud	Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra.	1,04	20,80
				<b>Grupo 5.2 .....</b>	<b>2.148,62</b>
6.1.1	1,000	Ud	Módem GPRS-4G	158,27	158,27
				<b>Grupo 6.1 .....</b>	<b>158,27</b>
DD900	1,000		Sistema de seguridad	9.118,59	9.118,59
				<b>Grupo DD9 .....</b>	<b>9.118,59</b>
				<b>TOTAL .....</b>	<b>245.393,42</b>

## LISTADO DE MANO DE OBRA VALORADO (Pres)

Precio de la Construcción Centro 2010

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	IMPORTE
1.1.2	92,060	h	Peón ordinario construcción	15,92	1.465,60
<b>Grupo 1.1 .....</b>					<b>1.465,60</b>
2.1.7	37,516	h	Ayudante construcción de obra civil.	16,13	605,13
2.1.8	33,150	h	Oficial 1ª montador.	17,82	590,73
2.1.9	33,150	h	Ayudante montador.	16,13	534,71
<b>Grupo 2.1 .....</b>					<b>1.730,58</b>
2.2.4	0,286	h	Oficial 1ª construcción de obra civil.	17,24	4,93
2.2.6	1,304	h	Oficial 1ª cerrajero.	17,52	22,85
2.2.7	1,328	h	Ayudante cerrajero.	16,19	21,50
<b>Grupo 2.2 .....</b>					<b>49,28</b>
3.1.2	180,000	h	Oficial 1ª instalador de captadores solares.	17,82	3.207,60
3.1.3	180,000	h	Ayudante instalador de captadores solares.	16,10	2.898,00
<b>Grupo 3.1 .....</b>					<b>6.105,60</b>
3.2.2	48,065	h	Oficial 1ª electricista.	17,82	856,52
3.2.3	44,975	h	Ayudante electricista.	16,10	724,10
<b>Grupo 3.2 .....</b>					<b>1.580,62</b>
4.4.5	4,500	h	Oficial 1º de construcción	29,81	134,15
<b>Grupo 4.4 .....</b>					<b>134,15</b>
6.1.3	0,188	h	Oficial 1º instalador de redes y comunicación	17,82	3,35
6.1.4	0,190	h	Ayudante instalador de redes y comunicación	16,10	3,06
<b>Grupo 6.1 .....</b>					<b>6,41</b>
<b>TOTAL .....</b>					<b>11.072,22</b>

# CUADRO DE PRECIOS N° 1

(Precios en letra)



**CUADRO DE PRECIOS NUM 1**

Proyecto : JESUS SANCHEZ

<b>01#</b>	<b>ACCIONES PREVIAS (1#)</b>	
0101	m <sup>2</sup> Desbroce del terreno Desbroce y limpieza del terreno, hasta una profundidad mínima de 25 cm, con medios mecánicos, retirada de los materiales excavados y carga a camión, sin incluir transporte a vertedero autorizado. (ADL005d)	0,53 Euros
	Son CERO Euros con CINCUENTA Y TRES Céntimos por m <sup>2</sup>	
0102	m <sup>3</sup> Transporte de tierras al vertedero Transporte de tierras con camión a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a una distancia máxima de 10 km. (GTA020)	2,55 Euros
	Son DOS Euros con CINCUENTA Y CINCO Céntimos por m <sup>3</sup>	
0103	Ud Aseo portátil Alquiler mensual de aseo portátil de polietileno, de 1,20x1,20x2,35 m, color gris, sin conexiones. (YPC005)	97,56 Euros
	Son NOVENTA Y SIETE Euros con CINCUENTA Y SEIS Céntimos por Ud	
0104	Ud Caseta portatil para maquinaria Mes de alquiler de caseta prefabricada para almacenamiento en obra de materiales, pequeña maquinaria y herramientas, de 3,43x2,05x2,30 m (7,00 m <sup>2</sup> ), compuesta por: estructura metálica mediante perfiles conformados en frío; cerramiento de chapa nervada y galvanizada con terminación de pintura prelacada; cubierta de chapa galvanizada ondulada reforzada con perfil de acero; instalación de electricidad y fuerza con toma exterior a 230 V; tubos fluorescentes y punto de luz exterior; ventanas correderas de aluminio anodizado, con luna de 6 mm y rejas; puerta de entrada de chapa galvanizada de 1 mm con cerradura; suelo de aglomerado hidrófugo de 19 mm. (YPC040)	65,74 Euros
	Son SESENTA Y CINCO Euros con SETENTA Y CUATRO Céntimos por Ud	
0105	Ud Caseta portatil para despacho de oficina en obra Mes de alquiler de caseta prefabricada para despacho de oficina en obra, de 4,78x2,42x2,30 m (10,55 m <sup>2</sup> ), compuesta por: estructura metálica mediante perfiles conformados en frío; cerramiento de chapa nervada y galvanizada con terminación de pintura prelacada; cubierta de chapa galvanizada ondulada reforzada con perfil de acero; aislamiento interior con lana de vidrio combinada con	

**CUADRO DE PRECIOS NUM 1**

Proyecto : JESUS SANCHEZ

---

poliestireno  
expandido; instalación de electricidad y fuerza con toma exterior a 230  
V; tubos  
fluorescentes y punto de luz exterior; ventanas correderas de aluminio  
anodizado, con  
luna de 6 mm y rejas; puerta de entrada de chapa galvanizada de 1  
mm con  
cerradura; suelo de aglomerado revestido con PVC continuo de 2 mm  
y poliestireno  
de 50 mm con apoyo en base de chapa galvanizada de sección  
trapezoidal y  
revestimiento de tablero melaminado en paredes.  
(YPC050)

97,29 Euros

---

Son NOVENTA Y SIETE Euros con VEINTINUEVE Céntimos por Ud

**CUADRO DE PRECIOS NUM 1**

Proyecto : JESUS SANCHEZ

<b>02#</b>	<b>OBRA CIVIL</b>	
	<b>(2#)</b>	
0201	m Cierre perimetral Vallado perimetral de seguridad de malla simple y altura de 2,20 m (UVT010)	13,52 Euros
	Son TRECE Euros con CINCUENTA Y DOS Céntimos por m	
0202	Ud Puertas de acceso Puerta de paso de doble hoja de 2x2 m constituida por malla de simple torsión con acabado galvanizado y plastificado en color verde RAL 6015 de 40 mm de paso de malla y 2/3 mm de diámetro. (UVP020)	169,74 Euros
	Son CIENTO SESENTA Y NUEVE Euros con SETENTA Y CUATRO Céntimos por Ud	
0203	m2 SUELO ESTABILIZADO GRANULAR IP<15 e=20 cm Suelo estabilizado por medios mecánicos, de material granular de IP<15, de espesor 0,20 m, hasta conseguir un material de IP<6, incluyendo extendido, humectación, compactación y rasanteado, terminado. (U03EM030)	1,61 Euros
	Son UN Euro con SESENTA Y UN Céntimos por m2	
0204	m³ Zanjas Excavación en zanjas en suelo compacto por medios mecánicos sin transporte a vertedero. (ADE010)	14,77 Euros
	Son CATORCE Euros con SETENTA Y SIETE Céntimos por m³	
0205	Ud Centro de baja tensión Centro de baja tensión marca Prephor instalado completamente en la ubicación de la parcela y dimensiones 3,9 x 3,1 x 2,4 m. (ADE08U)	3.656,50 Euros
	Son TRES MIL SEISCIENTOS CINCUENTA Y SEIS Euros con CINCUENTA Céntimos por Ud	
0206	Ud Centro de transformación Centro de transformación marca Prephor instalado completamente en la ubicación del proyecto y dimensiones 7,1 x 3,1 x 2,6 m. (ADE08UQ)	6.231,50 Euros
	Son SEIS MIL DOSCIENTOS TREINTA Y UN Euro con CINCUENTA Céntimos por Ud	

**CUADRO DE PRECIOS NUM 1**

Proyecto : JESUS SANCHEZ

<b>03#</b>	<b>COMPONENTES FOTOVOLTAICOS (3#)</b>	
0301	Ud Módulos fotovoltaicos Módulos fotovoltaicos modelo NU-JB395 de la marca Sharp 395 W. (IEF010)	73,72 Euros
	Son SETENTA Y TRES Euros con SETENTA Y DOS Céntimos por Ud	
0302	Ud Inversores Inversor central trifásico para conexión a red, potencia nominal de AC 100kW marca SMA. (IEF020)	5.577,37 Euros
	Son CINCO MIL QUINIENTOS SETENTA Y SIETE Euros con TREINTA Y SIETE Céntimos por Ud	
0303	Ud Estructura soporte Estructura soporte para módulos fotovoltaicos de la marca Alusín Solar modelo muniellos con 25° de inclinación hincados y colocados debidamente en la parcela. (IEF03A0)	517,55 Euros
	Son QUINIENTOS DIECISIETE Euros con CINCUENTA Y CINCO Céntimos por Ud	
0304	Ud Componentes alta tensión Instalación completa de la parte de alta tensión incluyendo transformador, celdas de media tensión, seccionador, cruceta y cableado totalmente instalado y conectado. (IEF05T6)	30.621,90 Euros
	Son TREINTA MIL SEISCIENTOS VEINTIUN Euros con NOVENTA Céntimos por Ud	
0305	m Cable 150 mm <sup>2</sup> Cable eléctrico unipolar, PV-AI "PRYSMIAN", resistente a la intemperie y enterrado, para instalaciones fotovoltaicas, garantizado por 30 años, tensión nominal 1500 V, de 1x150 mm <sup>2</sup> de sección, aislamiento XLPE. (IEH015c)	1,64 Euros
	Son UN Euros con SESENTA Y CUATRO Céntimos por m	
0306	m Cable 35 mm <sup>2</sup> Cable eléctrico unipolar, AL AFUMEX 1000 V (AS) "PRYSMIAN", tipo ALRZ1 (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de seguridad en caso de incendio (AS), con conductor de aluminio, rígido (clase 2), de 1x35 mm <sup>2</sup> de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de material Mezcla especial cero halógenos, tipo AFUMEX Z1. (IEH015)	1,73 Euros
	Son UN Euros con SETENTA Y TRES Céntimos por m	
0307	m Cable 95 mm <sup>2</sup> Cable eléctrico unipolar, Afumex Easy (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1x95 mm <sup>2</sup> de sección,	

**CUADRO DE PRECIOS NUM 1**

Proyecto : JESUS SANCHEZ

		aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde. (IEH015d)	1,36 Euros
		Son UN Euros con TREINTA Y SEIS Céntimos por m	
0308	m	Tubos corrugados Canalización enterrada de tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color naranja, de 180 mm de diámetro nominal, resistencia a la compresión 450 N. (IEO010)	4,12 Euros
		Son CUATRO Euros con DOCE Céntimos por m	
0309	Ud	Cuadro baja tensión instalaciones aux. Cable eléctrico unipolar, Afumex Easy (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1x2,5 mm <sup>2</sup> de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde. (IEH015b)	301,17 Euros
		Son TRESCIENTOS UN Euros con DIECISIETE Céntimos por Ud	
0310	Ud	Fusibles Fusibles de 15 A marca Df electric número de referencia 492229 (IJYAKA67)	3,85 Euros
		Son TRES Euros con OCHENTA Y CINCO Céntimos por Ud	
0311	Ud	Magnetotermico 170 A Magnetotermico marca Schneider modelo NSX250F TM200D 4P4R. (EEYEE5)	357,37 Euros
		Son TRESCIENTOS CINCUENTA Y SIETE Euros con TREINTA Y SIETE Céntimos por Ud	
0312	Ud	Magnetotermico general Magnetotermico marca Schneider modelo NS 1000 N 4P (EYETET)	13.487,36 Euros
		Son TRECE MIL CUATROCIENTOS OCHENTA Y SIETE Euros con TREINTA Y SEIS Céntimos por Ud	
0313	Ud	Transformador toroidal Transformador toroidal marca Schneider vigirex de 300 mm de diámetro modelo GA300 (JREGW)	4.042,75 Euros
		Son CUATRO MIL CUARENTA Y DOS Euros con SETENTA Y CINCO Céntimos por Ud	

**CUADRO DE PRECIOS NUM 1**

Proyecto : JESUS SANCHEZ

---

**04# INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA  
(4#)**

---

0401	m	Conductor de cobre desnudo Conductor de tierra formado por cable rígido desnudo de cobre trenzado, de 60 mm <sup>2</sup> de sección. (IEP025)	3,65 Euros
------	---	--	------------

---

Son TRES Euros con SESENTA Y CINCO Céntimos por m

---

0402	Ud	Picas de acero Toma de tierra con una pica de acero cobreado de 2 m de longitud. (IEP021)	118,57 Euros
------	----	---	--------------

---

Son CIENTO DIECIOCHO Euros con CINCUENTA Y SIETE Céntimos por Ud

**CUADRO DE PRECIOS NUM 1**

Proyecto : JESUS SANCHEZ

---

**05# VIGILANCIA Y MONITORIZACION  
(5#)**

---

0501 Ud Sistema de seguridad  
Sistema de seguridad completo incluyendo sensores, centralita,  
comunicación, sistema de  
energía de reserva. Totalmente montado, conexionado y probado.  
(DD900) 9.392,15 Euros

---

Son NUEVE MIL TRESCIENTOS NOVENTA Y DOS Euros con QUINCE Céntimos por Ud

---

0502 Ud Modem internet  
Módem GPRS-4G con pasarela transparente a RS485 y RS232, con las  
modalidades de comunicación GPRS, M2M, vocal y SMS.  
(IDM030\_b) 169,62 Euros

---

Son CIENTO SESENTA Y NUEVE Euros con SESENTA Y DOS Céntimos por Ud

**CUADRO DE PRECIOS NUM 1**

Proyecto : JESUS SANCHEZ

---

**06# SEGURIDAD Y SALUD  
(6#)**

---

0601	Ud	Materiales de seguridad y salud Partida correspondiente a lo especificado en el plan de seguridad y salud desarrollado en el proyecto. (E31)	1.236,00 Euros
------	----	--	----------------

---

Son MIL DOSCIENTOS TREINTA Y SEIS Euros por Ud

**CUADRO DE PRECIOS NUM 1**

Proyecto : JESUS SANCHEZ

---

**07#                   GESTIÓN DE RESIDUOS  
(7#)**

---

0701	Ud	Unidad de gestion de residuos Partida correspondiente a la gestión de residuos durante el desarrollo del proyecto. (E32)	1.648,00 Euros
------	----	--	----------------

---

Son MIL SEISCIENTOS CUARENTA Y OCHO Euros por Ud



# CUADRO DE PRECIOS N° 2

(Detalle de los precios en letra)



**CUADRO DE PRECIOS NUM 2**

Proyecto : JESUS SANCHEZ

**01# ACCIONES PREVIAS (1#)**

0101	m <sup>2</sup>	Desbroce del terreno Desbroce y limpieza del terreno, hasta una profundidad mínima de 25 cm, con medios mecánicos, retirada de los materiales excavados y carga a camión, sin incluir transporte a vertedero autorizado. (ADL005d)					
		codigo	uni	descripción	pre.uni.	num.uds.	importe
		1.1.1	h	Pala cargadora sobre neumáticos	29,81	0,015	0,45
		1.1.2	h	Peón ordinario construcción	15,92	0,004	0,06
						Total Neto	
					3,000%	Costes Indirectos	0,02
						Redondeo	0,51
						<b>PRECIO TOTAL</b>	<b>0,53 Euros</b>

Son CERO Euros con CINCUENTA Y TRES Céntimos por m<sup>2</sup>

0102	m <sup>3</sup>	Transporte de tierras al vertedero Transporte de tierras con camión a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a una distancia máxima de 10 km. (GTA020)					
		codigo	uni	descripción	pre.uni.	num.uds.	importe
		1.2.1	h	Camión basculante de 12 t de car	25,83	0,096	2,48
						Total Neto	
					3,000%	Costes Indirectos	0,07
						Redondeo	2,48
						<b>PRECIO TOTAL</b>	<b>2,55 Euros</b>

Son DOS Euros con CINCUENTA Y CINCO Céntimos por m<sup>3</sup>

0103	Ud	Aseo portátil Alquiler mensual de aseo portátil de polietileno, de 1,20x1,20x2,35 m, color gris, sin conexiones. (YPC005)					
		codigo	uni	descripción	pre.uni.	num.uds.	importe
		1.3.1	Ud	Mes de alquiler de aseo portátil	94,72	1,000	94,72
						Total Neto	
					3,000%	Costes Indirectos	2,84
						Redondeo	94,72
						<b>PRECIO TOTAL</b>	<b>97,56 Euros</b>

Son NOVENTA Y SIETE Euros con CINCUENTA Y SEIS Céntimos por Ud

**CUADRO DE PRECIOS NUM 2**

Proyecto : JESUS SANCHEZ

0104 Ud Caseta portatil para maquinaria  
 Mes de alquiler de caseta prefabricada para almacenamiento en obra de materiales, pequeña maquinaria y herramientas, de 3,43x2,05x2,30 m (7,00 m²), compuesta por:  
 estructura metálica mediante perfiles conformados en frío; cerramiento de chapa nervada y galvanizada con terminación de pintura prelacada; cubierta de chapa galvanizada ondulada reforzada con perfil de acero; instalación de electricidad y fuerza con toma exterior a 230 V; tubos fluorescentes y punto de luz exterior; ventanas correderas de aluminio anodizado, con luna de 6 mm y rejas; puerta de entrada de chapa galvanizada de 1 mm con cerradura; suelo de aglomerado hidrófugo de 19 mm.  
 (YPC040)

codigo	uni	descripción	pre.uni.	num.uds.	importe
1.4.1	Ud	Caseta portatil para maquinaria	63,83	1,000	63,83
Total Neto					
3,000% Costes Indirectos					1,91
Redondeo					63,83
<b>PRECIO TOTAL</b>					<b>65,74 Euros</b>

Son SESENTA Y CINCO Euros con SETENTA Y CUATRO Céntimos por Ud

0105 Ud Caseta portatil para despacho de oficina en obra  
 Mes de alquiler de caseta prefabricada para despacho de oficina en obra, de 4,78x2,42x2,30 m (10,55 m²), compuesta por: estructura metálica mediante perfiles conformados en frío; cerramiento de chapa nervada y galvanizada con terminación de pintura prelacada; cubierta de chapa galvanizada ondulada reforzada con perfil de acero; aislamiento interior con lana de vidrio combinada con poliestireno expandido; instalación de electricidad y fuerza con toma exterior a 230 V; tubos fluorescentes y punto de luz exterior; ventanas correderas de aluminio anodizado, con luna de 6 mm y rejas; puerta de entrada de chapa galvanizada de 1 mm con cerradura; suelo de aglomerado revestido con PVC continuo de 2 mm y poliestireno de 50 mm con apoyo en base de chapa galvanizada de sección trapezoidal y revestimiento de tablero melaminado en paredes.  
 (YPC050)

INSTALACION FOTOVOLTAICA 0,5 MW EN MONTERRUBIO DE ARMUÑA, SALAMANCA

**CUADRO DE PRECIOS NUM 2**

Proyecto : JESUS SANCHEZ

codigo	uni	descripción	pre.uni.	num.uds.	importe
1.5.1	Ud	Caseta portatil despacho de ofic	94,46	1,000	94,46
				Total Neto	
			3,000%	Costes Indirectos	2,83
				Redondeo	94,46
				PRECIO TOTAL	97,29 Euros

Son NOVENTA Y SIETE Euros con VEINTINUEVE Céntimos por Ud

**CUADRO DE PRECIOS NUM 2**

Proyecto : JESUS SANCHEZ

**02# OBRA CIVIL**

**(2#)**

0201	m	Cierre perimetral Vallado perimetral de seguridad de malla simple y altura de 2,20 m (UVT010)					
		codigo	uni	descripción	pre.uni.	num.uds.	importe
		2.1.1	Ud	Poste intermedio de tubo de acer	8,97	0,220	1,97
		2.1.2	Ud	Poste interior de refuerzo de tu	9,62	0,060	0,58
		2.1.3	Ud	Poste extremo de tubo de acero g	11,67	0,040	0,47
		2.1.4	Ud	Poste en escuadra de tubo de ace	12,35	0,200	2,47
		2.1.5	m <sup>2</sup>	Malla de simple torsión, de 40 m	1,43	2,400	3,43
		2.1.6	m <sup>3</sup>	Hormigón HM-20/B/20/I, fabricado	54,85	0,015	0,82
		2.1.7	h	Ayudante construcción de obra ci	16,13	0,073	1,18
		2.1.8	h	Oficial 1º montador.	17,82	0,065	1,16
		2.1.9	h	Ayudante montador.	16,13	0,065	1,05
						Total Neto	
					3,000%	Costes Indirectos	0,39
						Redondeo	13,13
						<b>PRECIO TOTAL</b>	<b>13,52 Euros</b>

Son TRECE Euros con CINCUENTA Y DOS Céntimos por m

0202	Ud	Puertas de acceso Puerta de paso de doble hoja de 2x2 m constituida por malla de simple torsión con acabado galvanizado y plastificado en color verde RAL 6015 de 40 mm de paso de malla y 2/3 mm de diámetro. (UVP020)					
		codigo	uni	descripción	pre.uni.	num.uds.	importe
		2.2.1	m <sup>3</sup>	Hormigón HM-20/B/20/I, fabricado	54,85	0,100	5,49
		2.2.2	Ud	Puerta de paso constituida por c	60,46	2,000	120,92
		2.2.3	m <sup>2</sup>	Malla de simple torsión, de 40 m	1,43	8,000	11,44
		2.2.4	h	Oficial 1º construcción de obra	17,24	0,143	2,47
		2.1.7	h	Ayudante construcción de obra ci	16,13	0,143	2,31
		2.2.6	h	Oficial 1º cerrajero.	17,52	0,652	11,42
		2.2.7	h	Ayudante cerrajero.	16,19	0,664	10,75
						Total Neto	
					3,000%	Costes Indirectos	4,94
						Redondeo	164,80
						<b>PRECIO TOTAL</b>	<b>169,74 Euros</b>

Son CIENTO SESENTA Y NUEVE Euros con SETENTA Y CUATRO Céntimos por Ud

0203	m2	SUELO ESTABILIZADO GRANULAR IP<15 e=20 cm Suelo estabilizado por medios mecánicos, de material granular de IP<15, de espesor 0,20 m, hasta conseguir un material de IP<6, incluyendo extendido, humectación, compactación y rasanteado, terminado. (U03EM030)				
------	----	--	--	--	--	--

**CUADRO DE PRECIOS NUM 2**

Proyecto : JESUS SANCHEZ

codigo	uni	descripción	pre.uni.	num.uds.	importe
O01OA020	h	Capataz	19,51	0,004	0,08
O01OA070	h	Peón ordinario	16,88	0,004	0,07
M08W200	h	Trituradora remolcada martillos	192,00	0,004	0,77
M08NM020	h	Motoniveladora de 200 cv	72,00	0,004	0,29
M08RN040	h	Rodillo compactador mixto 14 t	54,00	0,004	0,22
M08CA110	h	Cisterna agua s/camión 10.000 l	32,00	0,004	0,13
Total Neto					
3,000% Costes Indirectos					0,05
Redondeo					1,56
<b>PRECIO TOTAL</b>					<b>1,61 Euros</b>

Son UN Euro con SESENTA Y UN Céntimos por m2

0204 m³ Zanjas  
Excavación en zanjas en suelo compacto por medios mecánicos sin transporte a vertedero.  
(ADE010)

codigo	uni	descripción	pre.uni.	num.uds.	importe
2.4.1	h	Retroexcavadora hidráulica sobre	36,02	0,327	11,78
1.1.2	h	Peón ordinario construcción	15,92	0,161	2,56
Total Neto					
3,000% Costes Indirectos					0,43
Redondeo					14,34
<b>PRECIO TOTAL</b>					<b>14,77 Euros</b>

Son CATORCE Euros con SETENTA Y SIETE Céntimos por m³

0205 Ud Centro de baja tensión  
Centro de baja tensión marca Prephor instalado completamente en la ubicación de la parcela y dimensiones 3,9 x 3,1 x 2,4 m.  
(ADE08U)

codigo	uni	descripción	pre.uni.	num.uds.	importe
2.5.1	Ud	Centro de baja tensión marca Pre	3.550,00	1,000	3.550,00
Total Neto					
3,000% Costes Indirectos					106,50
Redondeo					3.550,00
<b>PRECIO TOTAL</b>					<b>3.656,50 Euros</b>

Son TRES MIL SEISCIENTOS CINCUENTA Y SEIS Euros con CINCUENTA Céntimos por Ud

0206 Ud Centro de transformación  
Centro de transformación marca Prephor instalado completamente en la ubicación del proyecto y dimensiones 7,1 x 3,1 x 2,6 m.  
(ADE08UQ)

INSTALACION FOTOVOLTAICA 0,5 MW EN MONTERRUBIO DE ARMUÑA, SALAMANCA

**CUADRO DE PRECIOS NUM 2**

Proyecto : JESUS SANCHEZ

codigo	uni	descripción	pre.uni.	num.uds.	importe
2.6.1		Centro de transformacion marca P	6.050,00	1,000	6.050,00
				Total Neto	
			3,000%	Costes Indirectos	181,50
				Redondeo	6.050,00
				PRECIO TOTAL	6.231,50 Euros

Son SEIS MIL DOSCIENTOS TREINTA Y UN Euros con CINCUENTA Céntimos por Ud

**CUADRO DE PRECIOS NUM 2**

Proyecto : JESUS SANCHEZ

**03# COMPONENTES FOTOVOLTAICOS (3#)**

0301	Ud	Módulos fotovoltaicos Módulos fotovoltaicos modelo NU-JB395 de la marca Sharp 395 W. (IEF010)					
		codigo	uni	descripción	pre.uni.	num.uds.	importe
		3.1.1	Ud	Paneles fotovoltaicos	67,50	1,000	67,50
		3.1.2	h	Oficial 1º instalador de captad	17,82	0,120	2,14
		3.1.3	h	Ayudante instalador de captadore	16,10	0,120	1,93
						Total Neto	
					3,000%	Costes Indirectos	2,15
						Redondeo	71,57
						<b>PRECIO TOTAL</b>	<b>73,72 Euros</b>

Son SETENTA Y TRES Euros con SETENTA Y DOS Céntimos por Ud

0302	Ud	Inversores Inversor central trifásico para conexión a red, potencia nominal de AC 100kW marca SMA. (IEF020)					
		codigo	uni	descripción	pre.uni.	num.uds.	importe
		3.2.1	Ud	Unidad de inversor SMA 100 kW	5.400,00	1,000	5.400,00
		3.2.2	h	Oficial 1º electricista.	17,82	0,440	7,84
		3.2.3	h	Ayudante electricista.	16,10	0,440	7,08
						Total Neto	
					3,000%	Costes Indirectos	162,45
						Redondeo	5.414,92
						<b>PRECIO TOTAL</b>	<b>5.577,37 Euros</b>

Son CINCO MIL QUINIENTOS SETENTA Y SIETE Euros con TREINTA Y SIETE Céntimos por Ud

0303	Ud	Estructura soporte Estructura soporte para módulos fotovoltaicos de la marca Alusín Solar modelo muniellos con 25º de inclinación hincados y colocados debidamente en la parcela. (IEF03A0)					
		codigo	uni	descripción	pre.uni.	num.uds.	importe
		3.3.1		Estructura sistema muniellos de	502,48	1,000	502,48
						Total Neto	
					3,000%	Costes Indirectos	15,07
						Redondeo	502,48
						<b>PRECIO TOTAL</b>	<b>517,55 Euros</b>

Son QUINIENTOS DIECISIETE Euros con CINCUENTA Y CINCO Céntimos por Ud

0304	Ud	Componentes alta tensión Instalación completa de la parte de alta tensión incluyendo transformador, celdas de media tensión, seccionador, cruceta y			
------	----	---	--	--	--

**CUADRO DE PRECIOS NUM 2**

Proyecto : JESUS SANCHEZ

cableado totalmente instalado y conectado.  
(IEF05T6)

codigo	uni	descripción	pre.uni.	num.uds.	importe
3.4.1		Componentes alta tensión	29.730,00	1,000	29.730,00
Total Neto					
3,000% Costes Indirectos					891,90
Redondeo					29.730,00
<b>PRECIO TOTAL</b>					<b>30.621,90 Euros</b>

Son TREINTA MIL SEISCIENTOS VEINTIUN Euros con NOVENTA Céntimos por Ud

0305 m Cable 150 mm<sup>2</sup>  
Cable eléctrico unipolar, PV-AI "PRYSMIAN", resistente a la intemperie y enterrado, para instalaciones fotovoltaicas, garantizado por 30 años, tensión nominal 1500 V, de 1x150 mm<sup>2</sup> de sección, aislamiento XLPE.  
(IEH015c)

codigo	uni	descripción	pre.uni.	num.uds.	importe
4.1.1	m	Cable seccion 150 mm <sup>2</sup>	1,11	1,000	1,11
3.2.2	h	Oficial 1º electricista.	17,82	0,014	0,25
3.2.3	h	Ayudante electricista.	16,10	0,014	0,23
Total Neto					
3,000% Costes Indirectos					0,05
Redondeo					1,59
<b>PRECIO TOTAL</b>					<b>1,64 Euros</b>

Son UN Euros con SESENTA Y CUATRO Céntimos por m

0306 m Cable 35 mm<sup>2</sup>  
Cable eléctrico unipolar, AL AFUMEX 1000 V (AS) "PRYSMIAN", tipo ALRZ1 (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de seguridad en caso de incendio (AS), con conductor de aluminio, rígido (clase 2), de 1x35 mm<sup>2</sup> de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de material Mezcla especial cero halógenos, tipo AFUMEX Z1.  
(IEH015)

codigo	uni	descripción	pre.uni.	num.uds.	importe
4.2.1	m	Cable seccion 35 mm <sup>2</sup>	1,20	1,000	1,20
3.2.2	h	Oficial 1º electricista.	17,82	0,014	0,25
3.2.3	h	Ayudante electricista.	16,10	0,014	0,23
Total Neto					
3,000% Costes Indirectos					0,05
Redondeo					1,68
<b>PRECIO TOTAL</b>					<b>1,73 Euros</b>

Son UN Euros con SETENTA Y TRES Céntimos por m



**CUADRO DE PRECIOS NUM 2**

Proyecto : JESUS SANCHEZ

Afumex Z1, de color verde.  
(IEH015b)

codigo	uni	descripción	pre.uni.	num.uds.	importe
4.5.1	m	Cable de seccion 2,5 mm2	0,27	10,000	2,70
4.5.2	m	Cable de sección 1,5 mm2	17,82	10,000	178,20
4.5.3	Ud	Diferencial	16,10	1,000	16,10
4.5.4	Ud	Magnetotermico	1,00	7,000	7,00
3.2.2	h	Oficial 1º electricista.	17,82	2,250	40,10
3.2.3	h	Ayudante electricista.	16,10	3,000	48,30
Total Neto					
3,000% Costes Indirectos					8,77
Redondeo					292,40
<b>PRECIO TOTAL</b>					<b>301,17 Euros</b>

Son TRESCIENTOS UN Euros con DIECISIETE Céntimos por Ud

0310 Ud Fusibles  
Fusibles de 15 A marca Df electric número de referencia 492229  
(IJYAKA67)

codigo	uni	descripción	pre.uni.	num.uds.	importe
2.10.1	Ud	Fusible 15 A y 1500 V	3,65	1,000	3,65
3.2.2	h	Oficial 1º electricista.	17,82	0,002	0,04
3.2.3	h	Ayudante electricista.	16,10	0,003	0,05
Total Neto					
3,000% Costes Indirectos					0,11
Redondeo					3,74
<b>PRECIO TOTAL</b>					<b>3,85 Euros</b>

Son TRES Euros con OCHENTA Y CINCO Céntimos por Ud

0311 Ud Magnetotermico 170 A  
Magnetotermico marca Schneider modelo NSX250F TM200D 4P4R.  
(EYEE5)

codigo	uni	descripción	pre.uni.	num.uds.	importe
3.11.1		Magnetotermico 170 A	341,07	1,000	341,07
3.2.2	h	Oficial 1º electricista.	17,82	0,150	2,67
3.2.3	h	Ayudante electricista.	16,10	0,200	3,22
Total Neto					
3,000% Costes Indirectos					10,41
Redondeo					346,96
<b>PRECIO TOTAL</b>					<b>357,37 Euros</b>

Son TRESCIENTOS CINCUENTA Y SIETE Euros con TREINTA Y SIETE Céntimos por Ud

0312 Ud Magnetotermico general  
Magnetotermico marca Schneider modelo NS 1000 N 4P  
(EYETET)

**CUADRO DE PRECIOS NUM 2**

Proyecto : JESUS SANCHEZ

codigo	uni	descripción	pre.uni.	num.uds.	importe
3.12.1	Ud	Magnetotermico general	13.093,92	1,000	13.093,92
3.2.2	h	Oficial 1º electricista.	17,82	0,020	0,36
3.2.3	h	Ayudante electricista.	16,10	0,015	0,24
Total Neto					
3,000% Costes Indirectos					392,84
Redondeo					13.094,52
<b>PRECIO TOTAL</b>					<b>13.487,36 Euros</b>

Son TRECE MIL CUATROCIENTOS OCHENTA Y SIETE Euros con TREINTA Y SEIS Céntimos por Ud

0313	Ud	Transformador toroidal Transformador toroidal diámetro modelo GA300 (JREGW)	marca Schneider vigirex de 300 mm de		
codigo	uni	descripción	pre.uni.	num.uds.	importe
3.13.1	Ud	Transformador toroidal	3.924,41	1,000	3.924,41
3.2.2	h	Oficial 1º electricista.	17,82	0,015	0,27
3.2.3	h	Ayudante electricista.	16,10	0,020	0,32
Total Neto					
3,000% Costes Indirectos					117,75
Redondeo					3.925,00
<b>PRECIO TOTAL</b>					<b>4.042,75 Euros</b>

Son CUATRO MIL CUARENTA Y DOS Euros con SETENTA Y CINCO Céntimos por Ud

**CUADRO DE PRECIOS NUM 2**

Proyecto : JESUS SANCHEZ

**04# INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA (4#)**

codigo	uni	descripción	pre.uni.	num.uds.	importe
0401	m	Conductor de cobre desnudo Conductor de tierra formado por cable rígido desnudo de cobre trenzado, de 60 mm <sup>2</sup> de sección. (IEP025)			
5.1.1	m	Conductor de cobre desnudo, de 6	2,07	1,000	2,07
5.1.2	Ud	Material auxiliar para instalaci	1,04	0,100	0,10
3.2.2	h	Oficial 1º electricista.	17,82	0,077	1,37
Total Neto					
3,000% Costes Indirectos					0,11
Redondeo					3,54
<b>PRECIO TOTAL</b>					<b>3,65 Euros</b>

Son TRES Euros con SESENTA Y CINCO Céntimos por m

codigo	uni	descripción	pre.uni.	num.uds.	importe
0402	Ud	Picas de acero Toma de tierra con una pica de acero cobreado de 2 m de longitud. (IEP021)			
5.2.1	Ud	Electrodo para red de toma de ti	13,06	1,000	13,06
5.2.2	m	Conductor de cobre desnudo, de	2,07	0,250	0,52
5.2.3	Ud	Grapa abarcón para conexión de p	0,73	1,000	0,73
5.2.4	Ud	Arqueta de polipropileno para t	53,71	1,000	53,71
5.2.5	Ud	Puente para comprobación de pues	33,39	1,000	33,39
5.2.6	m <sup>3</sup>	Tierra de la propia excavación.	0,44	0,018	0,01
5.2.7	Ud	Saco de 5 kg de sales minerales	2,54	0,333	0,85
5.2.8	Ud	Material auxiliar para instalaci	1,04	1,000	1,04
5.2.9	h	Retrocargadora sobre neumáticos,	27,05	0,003	0,08
5.2.10	Ud	Soldadura aluminotérmica del cab	4,13	1,000	4,13
3.2.2	h	Oficial 1º electricista.	17,82	0,222	3,96
3.2.3	h	Ayudante electricista.	16,10	0,225	3,62
1.1.2	h	Peón ordinario construcción	15,92	0,001	0,02
Total Neto					
3,000% Costes Indirectos					3,45
Redondeo					115,12
<b>PRECIO TOTAL</b>					<b>118,57 Euros</b>

Son CIENTO DIECIOCHO Euros con CINCUENTA Y SIETE Céntimos por Ud

**CUADRO DE PRECIOS NUM 2**

Proyecto : JESUS SANCHEZ

**05# VIGILANCIA Y MONITORIZACION (5#)**

0501	Ud Sistema de seguridad Sistema de seguridad completo incluyendo sensores, centralita, comunicación, sistema de energía de reserva. Totalmente montado, conexionado y probado. (DD900)	Total Neto 3,000% Costes Indirectos Redondeo	273,56 9.118,59
		<b>PRECIO TOTAL</b>	<b>9.392,15 Euros</b>

Son NUEVE MIL TRESCIENTOS NOVENTA Y DOS Euros con QUINCE Céntimos por Ud

0502	Ud Modem internet Módem GPRS-4G con pasarela transparente a RS485 y RS232, con las modalidades de comunicación GPRS, M2M, vocal y SMS. (IDM030_b)																												
	<table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">codigo</th> <th style="text-align: left;">uni</th> <th style="text-align: left;">descripción</th> <th style="text-align: right;">pre.uni.</th> <th style="text-align: right;">num.uds.</th> <th style="text-align: right;">importe</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>6.1.1</td> <td>Ud</td> <td>Módem GPRS-4G</td> <td style="text-align: right;">158,27</td> <td style="text-align: right;">1,000</td> <td style="text-align: right;">158,27</td> </tr> <tr> <td>6.1.3</td> <td>h</td> <td>Oficial 1º instalador de redes y</td> <td style="text-align: right;">17,82</td> <td style="text-align: right;">0,188</td> <td style="text-align: right;">3,35</td> </tr> <tr> <td>6.1.4</td> <td>h</td> <td>Ayudante instalador de redes y c</td> <td style="text-align: right;">16,10</td> <td style="text-align: right;">0,190</td> <td style="text-align: right;">3,06</td> </tr> </tbody> </table>	codigo	uni	descripción	pre.uni.	num.uds.	importe	6.1.1	Ud	Módem GPRS-4G	158,27	1,000	158,27	6.1.3	h	Oficial 1º instalador de redes y	17,82	0,188	3,35	6.1.4	h	Ayudante instalador de redes y c	16,10	0,190	3,06				
codigo	uni	descripción	pre.uni.	num.uds.	importe																								
6.1.1	Ud	Módem GPRS-4G	158,27	1,000	158,27																								
6.1.3	h	Oficial 1º instalador de redes y	17,82	0,188	3,35																								
6.1.4	h	Ayudante instalador de redes y c	16,10	0,190	3,06																								
		Total Neto 3,000% Costes Indirectos Redondeo			4,94 164,68																								
		<b>PRECIO TOTAL</b>			<b>169,62 Euros</b>																								

Son CIENTO SESENTA Y NUEVE Euros con SESENTA Y DOS Céntimos por Ud

**CUADRO DE PRECIOS NUM 2**

Proyecto : JESUS SANCHEZ

---

**06# SEGURIDAD Y SALUD  
(6#)**

---

0601	Ud	Materiales de seguridad y salud Partida correspondiente a lo especificado en el plan de seguridad y salud desarrollado en el proyecto. (E31)		
			Total Neto	
			3,000% Costes Indirectos	36,00
			Redondeo	1.200,00
			<b>PRECIO TOTAL</b>	<b>1.236,00 Euros</b>

---

Son MIL DOSCIENTOS TREINTA Y SEIS Euros por Ud

**CUADRO DE PRECIOS NUM 2**

Proyecto : JESUS SANCHEZ

---

**07# GESTIÓN DE RESIDUOS  
(7#)**

---

0701	Ud	Unidad de gestion de residuos Partida correspondiente a la gestión de residuos durante el desarrollo del proyecto. (E32)		
			Total Neto	
			3,000% Costes Indirectos	48,00
			Redondeo	1.600,00
			<b>PRECIO TOTAL</b>	<b>1.648,00 Euros</b>

---

Son MIL SEISCIENTOS CUARENTA Y OCHO Euros por Ud



# PRESUPUESTOS PARCIALES



**LISTADO DE PRESUPUESTO**

Proyecto : JESUS SANCHEZ

codigo	uni	descripción	medición	precio unitario	importe
<b>01#</b>		<b>ACCIONES PREVIAS (1#)</b>			
<b>0101</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>Desbroce del terreno</b> Desbroce y limpieza del terreno, hasta una profundidad mínima de 25 cm, con medios mecánicos, retirada de los materiales excavados y carga a camión, sin incluir transporte a vertedero autorizado. (ADL005d)	13.859,34	0,53	7.345,45
<b>0102</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>Transporte de tierras al vertedero</b> Transporte de tierras con camión a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a una distancia máxima de 10 km. (GTA020)	3.464,84	2,55	8.835,34
<b>0103</b>	<b>Ud</b>	<b>Aseo portátil</b> Alquiler mensual de aseo portátil de polietileno, de 1,20x1,20x2,35 m, color gris, sin conexiones. (YPC005)	1,00	97,56	97,56
<b>0104</b>	<b>Ud</b>	<b>Caseta portatil para maquinaria</b> Mes de alquiler de caseta prefabricada para almacenamiento en obra de materiales, pequeña maquinaria y herramientas, de 3,43x2,05x2,30 m (7,00 m <sup>2</sup> ), compuesta por: estructura metálica mediante perfiles conformados en frío; cerramiento de chapa nervada y galvanizada con terminación de pintura prelacada; cubierta de chapa galvanizada ondulada reforzada con perfil de acero; instalación de electricidad y fuerza con toma exterior a 230 V; tubos fluorescentes y punto de luz exterior; ventanas correderas de aluminio anodizado, con luna de 6 mm y rejas; puerta de entrada de			
		Suma y sigue			16.278,35

INSTALACION FOTOVOLTAICA 0,5 MW EN MONTERRUBIO DE ARMUÑA, SALAMANCA

**LISTADO DE PRESUPUESTO**

Proyecto : JESUS SANCHEZ

codigo	uni	descripción	medición	precio unitario	importe
		Suma anterior			16.278,35
		chapa galvanizada de 1 mm con cerradura; suelo de aglomerado hidrófugo de 19 mm. (YPC040)	1,00	65,74	65,74
<b>0105</b>	<b>Ud</b>	<b>Caseta portatil para despacho de oficina en obra</b> Mes de alquiler de caseta prefabricada para despacho de oficina en obra, de 4,78x2,42x2,30 m (10,55 m <sup>2</sup> ), compuesta por: estructura metálica mediante perfiles conformados en frío; cerramiento de chapa nervada y galvanizada con terminación de pintura prelacada; cubierta de chapa galvanizada ondulada reforzada con perfil de acero; aislamiento interior con lana de vidrio combinada con poliestireno expandido; instalación de electricidad y fuerza con toma exterior a 230 V; tubos fluorescentes y punto de luz exterior; ventanas correderas de aluminio anodizado, con luna de 6 mm y rejas; puerta de entrada de chapa galvanizada de 1 mm con cerradura; suelo de aglomerado revestido con PVC continuo de 2 mm y poliestireno de 50 mm con apoyo en base de chapa galvanizada de sección trapezoidal y revestimiento de tablero melaminado en paredes. (YPC050)	1,00	97,29	97,29
		<b>TOTAL CAPITULO 01 #</b>			<b>16.441,38</b>

Son DIECISEIS MIL CUATROCIENTOS CUARENTA Y UN Euros con TREINTA Y OCHO Céntimos.

**LISTADO DE PRESUPUESTO**

Proyecto : JESUS SANCHEZ

codigo	uni	descripción	medición	precio unitario	importe
<b>02#</b>		<b>OBRA CIVIL</b>			
		<b>(2#)</b>			
<b>0201</b>	<b>m</b>	<b>Cierre perimetral</b> Vallado perimetral de seguridad de malla simple y altura de 2, 20 m (UVT010)	512,31	13,52	6.926,43
<b>0202</b>	<b>Ud</b>	<b>Puertas de acceso</b> Puerta de paso de doble hoja de 2x2 m constituida por malla de simple torsión con acabado galvanizado y plastificado en color verde RAL 6015 de 40 mm de paso de malla y 2/3 mm de diámetro. (UVP020)	2,00	169,74	339,48
<b>0203</b>	<b>m2</b>	<b>SUELO ESTABILIZADO GRANULAR IP&lt;15 e=20 cm</b> Suelo estabilizado por medios mecánicos, de material granular de IP<15, de espesor 0,20 m, hasta conseguir un material de IP<6, incluyendo extendido, humectación, compactación y rasanteado, terminado. (U03EM030)	992,66	1,61	1.598,18
<b>0204</b>	<b>m³</b>	<b>Zanjas</b> Excavación en zanjas en suelo compacto por medios mecánicos sin transporte a vertedero. (ADE010)	50,22	14,77	741,75
<b>0205</b>	<b>Ud</b>	<b>Centro de baja tensión</b> Centro de baja tensión marca Prephor instalado completamente en la ubicación de la parcela y dimensiones 3,9 x 3,1 x 2,4 m. (ADE08U)	1,00	3.656,50	3.656,50
		Suma y sigue			13.262,34

INSTALACION FOTOVOLTAICA 0,5 MW EN MONTERRUBIO DE ARMUÑA, SALAMANCA

**LISTADO DE PRESUPUESTO**

Proyecto : JESUS SANCHEZ

codigo	uni	descripción	medición	precio unitario	importe
		Suma anterior	_____	_____	13.262,34
<b>0206</b>	<b>Ud</b>	<b>Centro de transformación</b>			
		Centro de transformación marca Prephor instalado completamente en la ubicación del proyecto y dimensiones 7,1 x 3,1 x 2,6 m. (ADE08UQ)			
			1,00	6.231,50	6.231,50
		TOTAL CAPITULO 02#	_____	_____	19.493,84

Son DIECINUEVE MIL CUATROCIENTOS NOVENTA Y TRES Euros con OCHENTA Y CUATRO Céntimos.

INSTALACION FOTOVOLTAICA 0,5 MW EN MONTERRUBIO DE ARMUÑA, SALAMANCA

**LISTADO DE PRESUPUESTO**

Proyecto : JESUS SANCHEZ

codigo	uni	descripción	medición	precio unitario	importe
<b>03#</b>		<b>COMPONENTES FOTOVOLTAICOS (3#)</b>			
<b>0301</b>	<b>Ud</b>	<b>Módulos fotovoltaicos</b> Módulos fotovoltaicos modelo NU-JB395 de la marca Sharp 395 W. (IEF010)	1.500,00	73,72	110.580,00
<b>0302</b>	<b>Ud</b>	<b>Inversores</b> Inversor central trifásico para conexión a red, potencia nominal de AC 100kW marca SMA. (IEF020)	5,00	5.577,37	27.886,85
<b>0303</b>	<b>Ud</b>	<b>Estructura soporte</b> Estructura soporte para módulos fotovoltaicos de la marca Alusín Solar modelo muniellos con 25° de inclinación hincados y colocados debidamente en la parcela. (IEF03A0)	75,00	517,55	38.816,25
<b>0304</b>	<b>Ud</b>	<b>Componentes alta tensión</b> Instalación completa de la parte de alta tensión incluyendo transformador, celdas de media tensión, seccionador, cruceta y cableado totalmente instalado y conectado. (IEF05T6)	1,00	30.621,90	30.621,90
<b>0305</b>	<b>m</b>	<b>Cable 150 mm²</b> Cable eléctrico unipolar, PV-AI "PRYSMIAN", resistente a la intemperie y enterrado, para instalaciones fotovoltaicas, garantizado por 30 años, tensión nominal 1500 V, de 1x150 mm² de sección, aislamiento XLPE. (IEH015c)	1.747,88	1,64	2.866,52
<b>0306</b>	<b>m</b>	<b>Cable 35 mm²</b> Cable eléctrico unipolar, AL AFUMEX 1000 V (AS) "PRYSMIAN", tipo ALRZ1 (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de seguridad en caso de incendio (AS), con conductor de			
		Suma y sigue			210.771,52

**LISTADO DE PRESUPUESTO**

Proyecto : JESUS SANCHEZ

codigo	uni	descripción	medición	precio unitario	importe
		Suma anterior			210.771,52
		aluminio, rígido (clase 2), de 1x35 mm <sup>2</sup> de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de material Mezcla especial cero halógenos, tipo AFUMEX Z1. (IEH015)	63,00	1,73	108,99
<b>0307</b>	<b>m</b>	<b>Cable 95 mm<sup>2</sup></b> Cable eléctrico unipolar, Afumex Easy (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1x95 mm <sup>2</sup> de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde. (IEH015d)	63,31	1,36	86,10
<b>0308</b>	<b>m</b>	<b>Tubos corrugados</b> Canalización enterrada de tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color naranja, de 180 mm de diámetro nominal, resistencia a la compresión 450 N. (IEO010)	103,77	4,12	427,53
<b>0309</b>	<b>Ud</b>	<b>Cuadro baja tensión instalaciones aux.</b> Cable eléctrico unipolar, Afumex Easy (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1x2,5 mm <sup>2</sup> de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde. (IEH015b)	1,00	301,17	301,17
		Suma y sigue			211.695,31

INSTALACION FOTOVOLTAICA 0,5 MW EN MONTERRUBIO DE ARMUÑA, SALAMANCA

**LISTADO DE PRESUPUESTO**

Proyecto : JESUS SANCHEZ

codigo	uni	descripción	medición	precio unitario	importe
		Suma anterior			211.695,31
<b>0310</b>	<b>Ud</b>	<b>Fusibles</b> Fusibles de 15 A marca Df electric número de referencia 492229 (IJYAKA67)	150,00	3,85	577,50
<b>0311</b>	<b>Ud</b>	<b>Magnetotermico 170 A</b> Magnetotermico marca Schneider modelo NSX250F TM200D 4P4R. (EEYEE5)	5,00	357,37	1.786,85
<b>0312</b>	<b>Ud</b>	<b>Magnetotermico general</b> Magnetotermico marca Schneider modelo NS 1000 N 4P (EYETET)	1,00	13.487,36	13.487,36
<b>0313</b>	<b>Ud</b>	<b>Transformador toroidal</b> Transformador toroidal marca Schneider vigirex de 300 mm de diámetro modelo GA300 (JREGW)	1,00	4.042,75	4.042,75
		<b>TOTAL CAPITULO 03#</b>			<b>231.589,77</b>

Son DOSCIENTOS TREINTA Y UN MIL QUINIENTOS OCHENTA Y NUEVE Euros con SETENTA Y SIETE Céntimos.

INSTALACION FOTOVOLTAICA 0,5 MW EN MONTERRUBIO DE ARMUÑA, SALAMANCA

**LISTADO DE PRESUPUESTO**

Proyecto : JESUS SANCHEZ

codigo	uni	descripción	medición	precio unitario	importe
<b>04#</b>		<b>INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA (4#)</b>			
<b>0401</b>	<b>m</b>	<b>Conductor de cobre desnudo</b> Conductor de tierra formado por cable rígido desnudo de cobre trenzado, de 60 mm <sup>2</sup> de sección. (IEP025)	85,00	3,65	310,25
<b>0402</b>	<b>Ud</b>	<b>Picas de acero</b> Toma de tierra con una pica de acero cobreado de 2 m de longitud. (IEP021)	20,00	118,57	2.371,40
TOTAL CAPITULO 04#					2.681,65

Son DOS MIL SEISCIENTOS OCHENTA Y UN Euros con SESENTA Y CINCO Céntimos.

INSTALACION FOTOVOLTAICA 0,5 MW EN MONTERRUBIO DE ARMUÑA, SALAMANCA

**LISTADO DE PRESUPUESTO**

Proyecto : JESUS SANCHEZ

codigo	uni	descripción	medición	precio unitario	importe
<b>05#</b>		<b>VIGILANCIA Y MONITORIZACION (5#)</b>			
<b>0501</b>	<b>Ud</b>	<b>Sistema de seguridad</b> Sistema de seguridad completo incluyendo sensores, centralita, comunicación, sistema de energía de reserva. Totalmente montado, conexionado y probado. (DD900)	1,00	9.392,15	9.392,15
<b>0502</b>	<b>Ud</b>	<b>Modem internet</b> Módem GPRS-4G con pasarela transparente a RS485 y RS232, con las modalidades de comunicación GPRS, M2M, vocal y SMS. (IDM030_b)	1,00	169,62	169,62
TOTAL CAPITULO 05#					9.561,77

Son NUEVE MIL QUINIENTOS SESENTA Y UN Euros con SETENTA Y SIETE Céntimos.

INSTALACION FOTOVOLTAICA 0,5 MW EN MONTERRUBIO DE ARMUÑA, SALAMANCA

**LISTADO DE PRESUPUESTO**

Proyecto : JESUS SANCHEZ

codigo	uni	descripción	medición	precio unitario	importe
<b>06#</b>	<b>Ud</b>	<b>SEGURIDAD Y SALUD (6#)</b>			
<b>0601</b>	<b>Ud</b>	<b>Materiales de seguridad y salud</b> Partida correspondiente a lo especificado en el plan de seguridad y salud desarrollado en el proyecto. (E31)			
			1,00	1.236,00	1.236,00
		<b>TOTAL CAPITULO 06#</b>			<b>1.236,00</b>

Son MIL DOSCIENTOS TREINTA Y SEIS Euros.

INSTALACION FOTOVOLTAICA 0,5 MW EN MONTERRUBIO DE ARMUÑA, SALAMANCA

---

**LISTADO DE PRESUPUESTO**

Proyecto : JESUS SANCHEZ

---

codigo	uni	descripción	medición	precio unitario	importe
<b>07#</b>		<b>GESTIÓN DE RESIDUOS (7#)</b>			
<b>0701</b>	<b>Ud</b>	<b>Unidad de gestion de residuos</b> Partida correspondiente a la gestión de residuos durante el desarrollo del proyecto. (E32)			
			1,00	1.648,00	1.648,00
		<b>TOTAL CAPITULO 07#</b>			<b>1.648,00</b>

---

Son MIL SEISCIENTOS CUARENTA Y OCHO Euros.



RESUMEN  
GENERAL DE LOS  
PRESUPUESTOS



## RESUMEN DE PRESUPUESTO

Precio de la Construcción Centro 2010

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
2	OBRA CIVIL.....	16.441,38	7,58
2	OBRA CIVIL.....	19.493,84	7,58
3	COMPONENTES FOTOVOLTAICOS .....	231.589,77	82,96
4	INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA.....	2.681,65	0,91
5	VIGILANCIA Y MONITORIZACION .....	9.561,77	3,41
6	SEGURIDAD Y SALUD .....	1.236,00	0,44
7	GESTIÓN DE RESIDUOS .....	1.648,00	0,59
<b>TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL</b>		<b>289.854,36</b>	

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de DOSCIENTOS OCHENTA Y NUEVE MIL OCHOCIENTOS CINCUENTA Y CUATRO EUROS con TREINTA Y SEIS CÉNTIMOS

, a 26 de Junio de 2021.

El promotor

La dirección facultativa

## RESUMEN DE PRESUPUESTO

Precio de la Construcción Centro 2010

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
2	OBRA CIVIL.....	16.441,38	7,58
2	OBRA CIVIL.....	19.493,84	7,58
3	COMPONENTES FOTOVOLTAICOS .....	231.589,77	82,96
4	INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA.....	2.681,65	0,91
5	VIGILANCIA Y MONITORIZACION .....	9.561,77	3,41
6	SEGURIDAD Y SALUD .....	1.236,00	0,44
7	GESTIÓN DE RESIDUOS .....	1.648,00	0,59
<b>TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL</b>		<b>289.854,36</b>	
13,00 % Gastos generales.....		37.681,07	
6,00 % Beneficio industrial .....		17.391,26	
SUMA DE G.G. y B.I.		55.072,33	
21,00 % I.V.A.....		72.434,60	
<b>TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA</b>		<b>417.361,29</b>	
<b>TOTAL PRESUPUESTO GENERAL</b>		<b>417.361,29</b>	

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de CUATROCIENTOS DIECISIETE MIL TRESCIENTOS SESENTA Y UN EUROS con VEINTI-NUEVE CÉNTIMOS

, a 26 de Junio de 2021.

El promotor

La dirección facultativa

### 3. Conclusiones:

Las conclusiones obtenidas durante la realización del proyecto han sido:

- El sector fotovoltaico está en continuo crecimiento, impulsado en gran parte por gobiernos debido a la necesidad de obtener energía de una manera más sostenible a medio plazo.
- Los avances tan rápidos de la tecnología pueden suponer un gran problema dejando anticuadas a muchas instalaciones antes de finalizar su vida útil.
- Actualmente en España, es un negocio completamente rentable debido a nuestra climatología y a los avances tecnológicos haciendo competencia directa a métodos de generación tradicionales sin ningún tipo de subvención.
- Los proyectos de autoconsumo para hogares y fábricas son una opción muy interesante tanto económicamente como para tener una menor dependencia de las empresas distribuidoras y evitar así, posibles regulaciones del gobierno.
- Las plantas fotovoltaicas están evolucionando a tener un mayor número de inversores con menor potencia, consiguiendo así disminuir las pérdidas generadas por la acumulación al estar los módulos en serie, obteniendo una mayor eficiencia.
- En países con condiciones climáticas favorables el mercado debe avanzar a módulos como elementos de construcción para maximizar el aprovechamiento solar y haciendo estos mas sostenibles.
- Debido a la facilidad de montaje y mantenimiento, la energía fotovoltaica es una alternativa para muchos países o zonas con déficit energético.

#### 4. Agradecimientos:

La realización de este trabajo es el final de una etapa universitaria de la que he obtenido un aprendizaje positivo y enriquecedor de cara a mi futuro profesional.

Así pues, me gustaría expresar mi agradecimiento a las personas que de una forma u otra han hecho posible que llegase al final de esta etapa entre los que destaco a todos los profesores de la Escuela de Ingenierías Industriales de Valladolid.

A mi tutor Ignacio Alonso-Fernández Coppel, por acompañarme durante el Trabajo Fin de Grado, guiándome y enseñándome durante todo el proceso del mismo.

A mi familia y amigos, por ayudarme durante todos estos años, apoyándome y comprendiéndome.

Y, por último, a mis compañeros, a los que debo los mejores momentos de esta carrera, su gran ayuda durante estos años han sido claves para llegar hasta el final.

## 5. Bibliografía:

1. Pliego de condiciones de IDEA. Disponible en:

[https://www.idae.es/sites/default/files/documentos\\_5654\\_FV\\_pliego\\_condiciones\\_tecnicas\\_instalaciones\\_conectadas\\_a\\_red\\_C20\\_Julio\\_2011\\_3498e\\_aaf.pdf](https://www.idae.es/sites/default/files/documentos_5654_FV_pliego_condiciones_tecnicas_instalaciones_conectadas_a_red_C20_Julio_2011_3498e_aaf.pdf)

2. Normas urbanísticas municipales de Monterrubio de Armuña. Disponible en:

<http://monterrubiodearmuna.es/opencms/export/sites/monterrubio/.Archivos/Documentos/Areas-Municipales/Normas-Urbanisticas-Municipales-En-vigor.pdf>

3. Condiciones técnicas de instalaciones de producción eléctrica conectadas a la red de i-DE redes eléctricas inteligentes. Disponible en:

[https://www.ide.es/socdis/gc/prod/es\\_ES/contenidos/docs/Condiciones\\_Tecnicas\\_Instalaciones\\_MT\\_3\\_53\\_01.pdf](https://www.ide.es/socdis/gc/prod/es_ES/contenidos/docs/Condiciones_Tecnicas_Instalaciones_MT_3_53_01.pdf)

4. Instrucciones técnicas complementarias al reglamento electrotécnico de baja tensión ITC-BT 01-52. Disponible en:

[https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjYv\\_7V88LxAhXx1uAKHVeyAnMQFjALegQIHBAD&url=https%3A%2F%2Fwww.boe.es%2Flegislacion%2Fcodigos%2Ffabrica%2Ffabrica%2F326\\_Reglamento\\_electrotecnico\\_para\\_baja\\_tension\\_e\\_ITC.pdf&usg=AOvVaw0Ta--KR-6jMsDws80FJwU5](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjYv_7V88LxAhXx1uAKHVeyAnMQFjALegQIHBAD&url=https%3A%2F%2Fwww.boe.es%2Flegislacion%2Fcodigos%2Ffabrica%2Ffabrica%2F326_Reglamento_electrotecnico_para_baja_tension_e_ITC.pdf&usg=AOvVaw0Ta--KR-6jMsDws80FJwU5)

5. Instrucciones técnicas complementarias al reglamento electrotécnico de alta tensión ITC-LAT 01-09.

6. Norma Española UNE-EN 62446-1 sobre módulos fotovoltaicos (FV).  
Disponible en:  
<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?Tipo=N&c=N0058027>
7. Guía de operación y mantenimiento de sistemas fotovoltaicos del Ministerio de energía del gobierno de Chile. Disponible en:  
[https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/guia\\_operacionmantenimiento\\_final.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/guia_operacionmantenimiento_final.pdf)
8. Operación y mantenimiento de Solar Power Europe. Disponible en:  
<https://www.solarpowereurope.org/wp-content/uploads/2018/09/Operación-y-Mantenimiento-SPE-and-ASOLMEX.pdf>
9. Datos climatológicos de la NASA. Disponible en:  
<https://power.larc.nasa.gov>
10. Mantenimiento preventivo de los módulos fotovoltaicos de 'esenergía'.  
Disponible en:  
<https://esenergia.es/mantenimiento-preventivo-modulos-fotovoltaicos/>
11. Decreto 22/2004 de 29 de enero por el que se aprueba el Reglamento de Urbanismo de Castilla y León. Disponible en:  
<https://www.boe.es/buscar/pdf/2004/BOCL-h-2004-90152-consolidado.pdf>
12. Decreto legislativo 1/2015 del 12 de noviembre por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Prevención ambiental de Castilla y León.  
Disponible en:  
<https://www.boe.es/buscar/pdf/2015/BOCL-h-2015-90590-consolidado.pdf>

13. Ley 21/2013 de 9 de diciembre de evaluación ambiental. Disponible en:  
<https://www.boe.es/buscar/pdf/2013/BOE-A-2013-12913-consolidado.pdf>
14. Módulos fotovoltaicos Sharp 395 Wp. Disponible en:  
<https://www.sharp.es/cps/rde/xchg/es/hs.xsl/-/html/product-details-solar-modules.htm?product=NUJB395>
15. Inversor fotovoltaico SMA Highpower Peak-3. Disponible en:  
<https://www.sma.de/es/productos/inversor-fotovoltaico/sunny-highpower-peak3.html>
16. Transformador Trihal 630 kVA Schneider. Disponible en:  
<https://www.se.com/es/es/faqs/FA173825/>
17. Catálogo de cables TOP Solar para instalaciones fotovoltaicas en baja y media tensión. Disponible en:  
<https://www.topcable.com/es/>
18. Protecciones baja tensión marca Schneider. Disponible en:  
<https://www.se.com/es/es/>
19. Material académico curso MPV Solar Reference. Disponible en:  
<https://www.mpvsolarreference.com>



ESCUOLA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 0,5 MW en Monterrubio de  
Armuña conectada a red de media tensión.

# ANEXOS



ESCUOLA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 0,5 MW en Monterrubio de  
Armuña conectada a red de media tensión.

# Anexo 1: Simulación en el software PVSYST para el diseño de la instalación solar fotovoltaica



Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 0,5 MW en Monterrubio de Armuña conectada a red de media tensión.

# PVsyst - Simulation report

## Grid-Connected System

---

Project: Parque fotovoltaico en Monterrubio de Armuña

Variant: Nueva variante de simulación

No 3D scene defined, no shadings

System power: 593 kWp

Monterrubio de Armuña - Spain

*PVsyst TRIAL*

*PVsyst TRIAL*

*PVsyst TRIAL*



**PVsyst V7.2.3**

VCO, Simulation date:  
27/06/21 11:53  
with v7.2.3

**Project summary**

<b>Geographical Site</b> Monterrubio de Armuña Spain	<b>Situation</b> Latitude 41.02 °N Longitude -5.64 °W Altitude 807 m Time zone UTC+1	<b>Project settings</b> Albedo 0.20
<b>Meteo data</b> Monterrubio de Armuña Meteonorm 8.0 (2001-2017), Sat=38% - Sintético		

**System summary**

<b>Grid-Connected System</b>	<b>No 3D scene defined, no shadings</b>	
<b>PV Field Orientation</b> Fixed plane Tilt/Azimuth 25 / 0 °	<b>Near Shadings</b> No Shadings	<b>User's needs</b> Unlimited load (grid)
<b>System information</b>		
<b>PV Array</b>	<b>Inverters</b>	
Nb. of modules 1500 units	Nb. of units 5 units	
Pnom total 593 kWp	Pnom total 500 kWac	
	Pnom ratio 1.185	

**Results summary**

Produced Energy 981.9 MWh/year	Specific production 1657 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR 84.44 %
--------------------------------	---------------------------------------	------------------------

**Table of contents**

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Main results	4
Loss diagram	5
Special graphs	6



**PVsyst V7.2.3**

VCO, Simulation date:  
27/06/21 11:53  
with v7.2.3

**General parameters**

<b>Grid-Connected System</b>		<b>No 3D scene defined, no shadings</b>	
<b>PV Field Orientation</b>			
<b>Orientation</b>		<b>Sheds configuration</b>	
Fixed plane		No 3D scene defined	
Tilt/Azimuth	25 / 0 °		
<b>Horizon</b>		<b>Near Shadings</b>	
Free Horizon		No Shadings	
		<b>Models used</b>	
		Transposition	Perez
		Diffuse	Perez, Meteonorm
		Circumsolar	separate
		<b>User's needs</b>	
		Unlimited load (grid)	

**PV Array Characteristics**

<b>PV module</b>		<b>Inverter</b>	
Manufacturer	Generic	Manufacturer	Generic
Model	NU-JB395 Wp 144 cells	Model	Sunny Highpower 100-20
(Custom parameters definition)		(Custom parameters definition)	
Unit Nom. Power	395 Wp	Unit Nom. Power	100 kWac
Number of PV modules	1500 units	Number of inverters	5 unit
Nominal (STC)	593 kWp	Total power	500 kWac
Modules	75 Strings x 20 In series	Operating voltage	590-1000 V
<b>At operating cond. (50°C)</b>		Pnom ratio (DC:AC)	1.19
Pmpp	538 kWp		
U mpp	735 V		
I mpp	732 A		
<b>Total PV power</b>		<b>Total inverter power</b>	
Nominal (STC)	593 kWp	Total power	500 kWac
Total	1500 modules	Nb. of inverters	5 units
Module area	3018 m²	Pnom ratio	1.19
Cell area	2700 m²		

**Array losses**

<b>Thermal Loss factor</b>		<b>DC wiring losses</b>		<b>Module Quality Loss</b>				
Module temperature according to irradiance		Global array res.	17 mΩ	Loss Fraction	-1.3 %			
Uc (const)	20.0 W/m²K	Loss Fraction	1.5 % at STC					
Uv (wind)	0.0 W/m²K/m/s							
<b>Module mismatch losses</b>		<b>Strings Mismatch loss</b>						
Loss Fraction	2.0 % at MPP	Loss Fraction	0.1 %					
<b>IAM loss factor</b>								
Incidence effect (IAM): Fresnel AR coating, n(glass)=1.526, n(AR)=1.290								
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.962	0.892	0.816	0.681	0.440	0.000



**PVsyst V7.2.3**

VCO, Simulation date:  
27/06/21 11:53  
with v7.2.3

**Main results**

**System Production**

Produced Energy 981.9 MWh/year

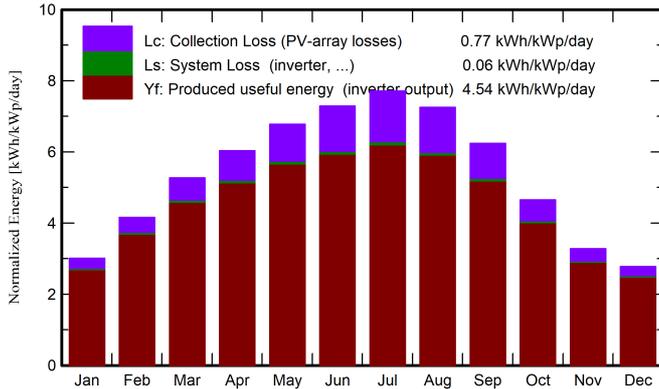
Specific production

1657 kWh/kWp/year

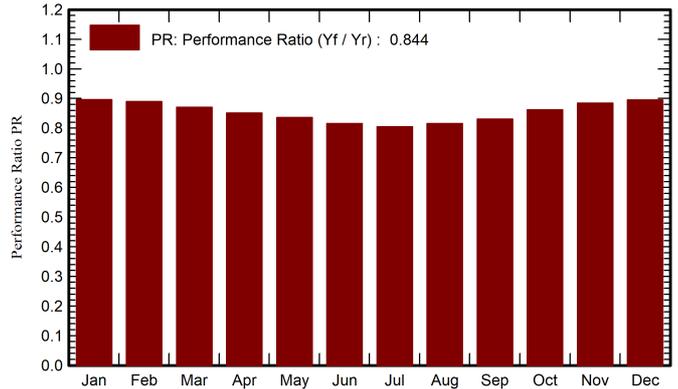
Performance Ratio PR

84.44 %

**Normalized productions (per installed kWp)**



**Performance Ratio PR**



**Balances and main results**

	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	DiffHor kWh/m <sup>2</sup>	T_Amb °C	GlobInc kWh/m <sup>2</sup>	GlobEff kWh/m <sup>2</sup>	EArray MWh	E_Grid MWh	PR ratio
January	59.3	26.16	3.30	93.3	91.1	50.3	49.5	0.897
February	83.2	32.61	4.29	116.3	114.1	62.2	61.3	0.889
March	133.1	50.56	7.54	163.3	159.6	85.4	84.3	0.871
April	164.7	62.27	10.02	181.1	177.0	92.6	91.4	0.851
May	206.8	66.62	14.66	210.0	204.9	105.5	104.1	0.836
June	225.0	65.76	19.47	218.7	213.1	107.1	105.6	0.815
July	240.4	55.76	21.91	239.1	233.0	115.7	114.0	0.805
August	209.6	55.21	21.32	224.9	219.6	110.1	108.6	0.815
September	156.4	47.81	17.03	187.3	183.3	93.5	92.2	0.831
October	108.2	42.73	12.52	144.3	141.3	74.7	73.7	0.862
November	65.7	28.32	6.63	98.4	96.4	52.3	51.5	0.884
December	52.7	21.88	3.86	86.0	84.2	46.3	45.7	0.896
Year	1705.0	555.70	11.93	1962.7	1917.5	995.7	981.9	0.844

**Legends**

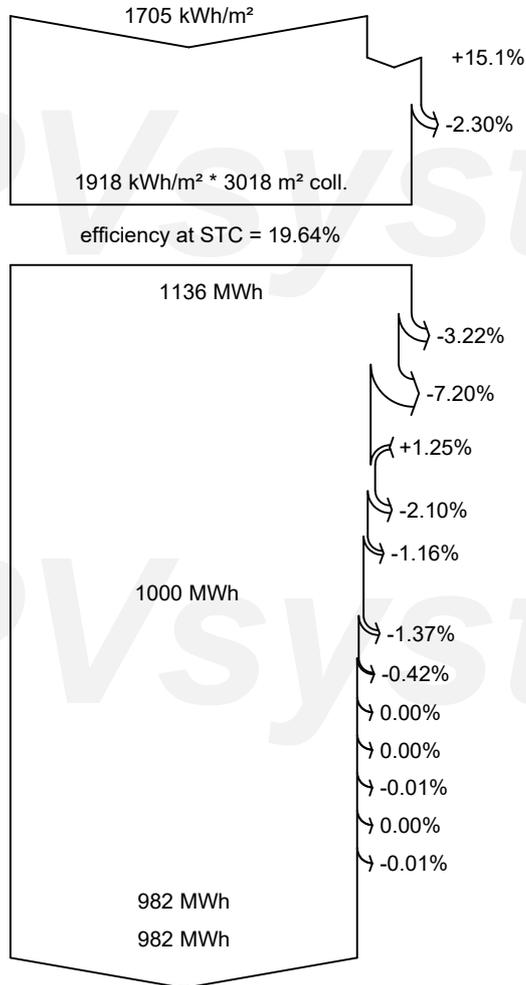
- GlobHor Global horizontal irradiation
- DiffHor Horizontal diffuse irradiation
- T\_Amb Ambient Temperature
- GlobInc Global incident in coll. plane
- GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings
- EArray Effective energy at the output of the array
- E\_Grid Energy injected into grid
- PR Performance Ratio



**PVsyst V7.2.3**

VCO, Simulation date:  
27/06/21 11:53  
with v7.2.3

**Loss diagram**



**Global horizontal irradiation**

**Global incident in coll. plane**

IAM factor on global

**Effective irradiation on collectors**

PV conversion

**Array nominal energy (at STC effic.)**

PV loss due to irradiance level

PV loss due to temperature

Module quality loss

Mismatch loss, modules and strings

Ohmic wiring loss

**Array virtual energy at MPP**

Inverter Loss during operation (efficiency)

Inverter Loss over nominal inv. power

Inverter Loss due to max. input current

Inverter Loss over nominal inv. voltage

Inverter Loss due to power threshold

Inverter Loss due to voltage threshold

Night consumption

**Available Energy at Inverter Output**

**Energy injected into grid**

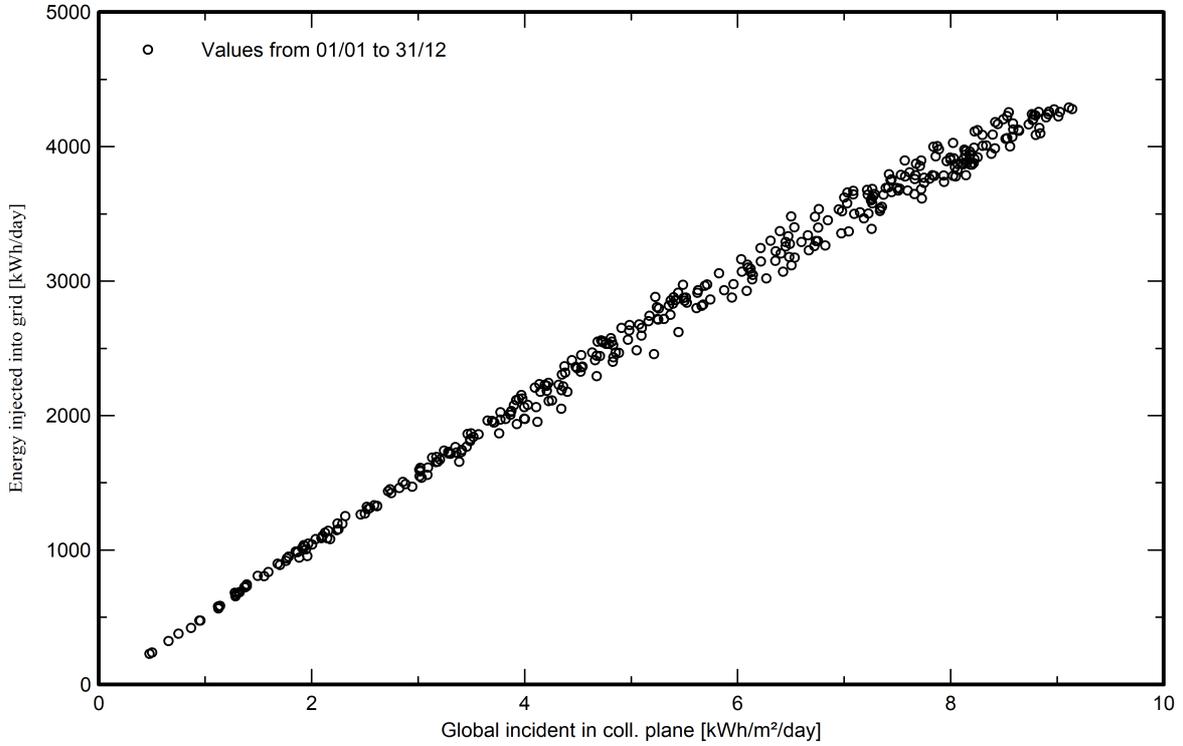


**PVsyst V7.2.3**

VC0, Simulation date:  
27/06/21 11:53  
with v7.2.3

**Special graphs**

**Diagrama entrada/salida diaria**



**Distribución de potencia de salida del sistema**

