



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

# UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

## Escuela Politécnica Superior de Alcoy

Estudio técnico económico de una instalación fotovoltaica para autoconsumo sin vertido a red de 100 kW de potencia nominal sobre la cubierta de una industria sita en término municipal de Picaña, provincia de Valencia.

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Eléctrica

AUTOR/A: Vergara Alcaide, Pablo

Tutor/a: Montoya Villena, Rafael

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023

## **RESUMEN**

Es indudable que el cambio climático es un hecho, ha llegado propiciado por muchas décadas de continuo exceso de vertido de gases de efecto invernadero a la atmósfera y no va a desaparecer. Evitarlo ya no es posible, pero podemos reducir su impacto disminuyendo las emisiones de gases de efecto invernadero y generando energía de origen renovable, como por ejemplo con la energía solar fotovoltaica.

Este proyecto se trata de una Instalación Fotovoltaica de Autoconsumo en cubierta de una industria sita en el término municipal de Picaña, Valencia. Con una potencia nominal de 100 kW. En él se describirán todas las características técnicas, así como el procedimiento a seguir.

La instalación consta de 280 paneles fotovoltaicos de 440 W, conectados a 10 inversores de 10 kW cada uno.

Por petición de la industria se efectúa una instalación sin vertido de excedentes a red mediante un sistema limitador.

Palabras Clave:

Baja Tensión, Energías Renovables, Energía fotovoltaica, Autoconsumo

## **RESUM**

És indubtable que el canvi climàtic és un fet, ha arribat propiciat per moltes dècades de continu excés d'abocament de gasos d'efecte d'hivernacle a l'atmosfera i no desapareixerà. Evitar-ho ja no és possible, però podem reduir el seu impacte disminuint les emissions de gasos d'efecte d'hivernacle i generant energia d'origen renovable, com per exemple amb l'energia solar fotovoltaica.

Aquest projecte es tracta d'una Instal·lació Fotovoltaica d'Autoconsum en coberta d'una indústria situada en el terme municipal de Picanya, València. Amb una potència nominal de 100 kW. En ell es descriuran totes les característiques tècniques, així com el procediment a seguir.

La instal·lació consta de 280 panells fotovoltaics de 440 W, connectats a 10 inversors de 10 kW cadascun.

Per petició de la indústria s'efectua una instal·lació sense abocament d'excedents a xarxa mitjançant un sistema limitador.

Paraules Clau:

Baixa Tensió, Energies Renovables, Energia fotovoltaica, Autoconsum

## **ABSTRACT**

There is no doubt that climate change is a fact, it has been brought about by many decades of continuous excess greenhouse gas emissions into the atmosphere and it is not going to go away. It is no longer possible to avoid it, but we can reduce its impact by reducing greenhouse gas emissions and generating energy from renewable sources, such as photovoltaic solar energy.

This project is a Photovoltaic Installation for Self-consumption on the roof of an industry located in the municipality of Picaña, Valencia. With a nominal power of 100 kW. It will describe all the technical characteristics, as well as the procedure to be followed.

The installation consists of 280 photovoltaic panels of 440 W, connected to 10 inverters of 10 kW each.

At the request of the industry, an installation is carried out without discharging surpluses to the grid by means of a limiting system.

Key words:

Low Voltage, Renewable Energies, Photovoltaic Energy, Self-consumption



## **ÍNDICE**

1.	ANTECEDENTES Y OBJETO DE LA MEMORIA .....	10
2.	EMPLAZAMIENTO.....	10
4.	NORMATIVA APLICABLE.....	11
4.1	LEGISLACIÓN DE ÁMBITO NACIONAL.....	11
4.2	LEGISLACIÓN DE ÁMBITO AUTONÓMICO.....	12
5.	DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA INSTALACIÓN.....	13
5.1	DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA .....	13
5.1.1	Generador fotovoltaico .....	13
5.1.2	Acondicionamiento de la potencia .....	16
5.1.3	Características del campo fotovoltaico.....	19
5.1.4	Estructuras de soporte. ....	19
5.1.5	Cableado.....	21
5.1.6	Protecciones .....	22
5.1.7	Contador.....	27
5.1.8	Monitorización .....	27
5.1.9	Cuadro resumen de la instalación .....	27
6.	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD Y EL PROCESO .....	28
6.2	CLASIFICACIÓN DE LA ACTIVIDAD .....	28
7.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS .....	29
7.2	DIMENSIONADO DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO .....	29
7.2.1	Comprobación por tensión .....	29
7.2.2	Comprobación por intensidad.....	30
7.2.3	Configuración de los strings de la planta .....	31
7.3	SECCIONES DE CABLEADO .....	32
7.3.1	Tramo de Corriente Continua .....	33
7.3.2	Tramo de corriente alterna .....	35
7.4	CÁLCULO DE PROTECCIONES.....	38
7.4.1	tramo corriente continua .....	38
7.4.2	Tramo de corriente alterna .....	40
7.5	CÁLCULO DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA .....	44
7.5.1	Irradiación solar. ....	46
7.5.2	Energía generada .....	46
7.6	FIJACIÓN DE LA ESTRUCTURA A LA CUBIERTA Y CARGAS .....	48
7.6.1	Cálculo de carga distribuida sobre la cubierta .....	48
7.6.2	Fijación de las estructuras a la cubierta.....	49
7.6.3	Acción del viento sobre la cubierta .....	50

8.	PLIEGO DE CONDICIONES .....	53
8.2	PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES .....	53
8.3	ESPECIFICACIONES DE EQUIPOS, MATERIALES Y EJECUCIÓN .....	53
8.3.1	Sistemas generadores fotovoltaicos .....	54
8.3.2	Estructura soporte.....	54
8.3.3	Inversor .....	55
8.3.4	Cableado.....	57
8.3.5	Protecciones .....	60
8.3.6	Canalizaciones .....	60
8.3.7	Armónicos y compatibilidad electromagnética .....	61
8.3.8	Puesta a tierra .....	61
8.4	CERTIFICADOS Y DOCUMENTACIÓN .....	61
8.5	CONDICIONES FACULTATIVAS.....	62
8.5.1	Dirección de las obras.....	62
8.5.2	Libro de órdenes .....	63
8.6	CONDICIONES ECÓNICAS Y LEGALES.....	63
8.6.1	Abono de la obra .....	63
8.6.2	Precios.....	64
8.6.3	Revisión de precios.....	64
8.6.4	Contrato .....	64
8.6.5	Responsabilidades .....	64
8.6.6	Recepción de las obras y garantías .....	65
9.	ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	66
9.1	INTRODUCCIÓN .....	66
9.1.1	Objeto del estudio básico de seguridad y salud .....	66
9.1.2	Justificación del estudio básico de seguridad y salud.....	66
9.1.3	Datos del proyecto de obra.....	67
9.2	NORMAS DE SEGURIDAD APLICABLES EN LA OBRA. ....	68
9.3	IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS Y PREVENCIÓN DE LOS MISMOS .....	68
9.3.1	Cubiertas planas, inclinadas, materiales ligeros.....	68
9.3.2	Albañilería y cerramientos. ....	69
9.3.3	Terminaciones (alicatados, enfoscados, enlucidos, falsos techos, salados, pinturas, carpintería, cerrajería, vidriería).....	70
9.3.4	Instalaciones (electricidad, fontanería, gas, aire acondicionado, calefacción, ascensores, antenas, pararrayos) .....	71
9.4	FORMACIÓN .....	72
9.5	MEDIDAS PREVENTIVAS Y PRIMEROS AUXILIOS .....	72

9.5.1	Botiquines.....	72
9.5.2	Asistencia a accidentados.....	72
9.6	PRESUPUESTO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	72
9.7	TRABAJOS POSTERIORES.....	73
9.7.1	Reparación. Conservación y mantenimiento.....	73
9.8	OBLIGACIONES DEL PROMOTOR.....	73
9.9	COORDINADOR EN MATERIA DE SEGURIDAD Y SALUD.....	74
9.10	PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.....	75
9.11	OBLIGACIONES DE CONTRATISTAS Y SUBCONTRATISTAS.....	75
9.12	OBLIGACIONES DE LOS TRABAJADORES AUTÓNOMOS.....	76
9.13	LIBRO DE INCIDENCIAS.....	77
9.14	PARALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS.....	78
9.15	DERECHOS DE LOS TRABAJADORES.....	78
9.16	DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD QUE DEBEN APLICARSE EN LAS OBRAS.....	78
9.17	CAMPO DE APLICACIÓN.....	79
9.18	NORMATIVAS APLICABLES.....	79
9.19	DESARROLLO DEL ESTUDIO.....	80
9.19.1	Aspectos generales.....	80
9.19.2	Identificación de los riesgos.....	81
9.19.3	Medidas de prevención necesarias para evitar riesgos.....	81
9.19.4	Protecciones.....	82
9.19.5	Características generales de la obra.....	82
9.20	ANEXO 1.....	84
9.21	ANEXO 2.....	84
10	PLAN DE GESTIÓN DE RESÍDUOS.....	87
10.1	INTRODUCCIÓN.....	87
10.2	LEGISLACIÓN APLICABLE.....	87
10.3	DESCRIPCIÓN DE LA OBRA.....	87
10.4	IDENTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS GENERADOS.....	88
10.5	ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE RESIDUOS GENERADOS.....	90
10.6	MEDIDAS DE PREVENCIÓN.....	90
10.7	OPERACIONES DE VALORACIÓN Y ELIMINACIÓN.....	91
10.8	MEDIDAS DE GESTIÓN DE RESIDUOS.....	92
10.9	COSTE PREVISTO PARA LA GESTIÓN DE RCD's.....	92
11	PRESUPUESTO.....	93
11.1	PRESUPUESTO MATERIAL.....	93

11.2	RESUMEN DEL PRESUPUESTO .....	97
12	PLANOS .....	98
12.1	PLANO 1 - SITUACIÓN .....	98
12.2	PLANO 2 - DELIMITACIÓN DE SOMBRAS .....	98
12.3	PLANO 3 - COTAS Y DISTANCIAS.....	98
12.4	PLANO 4 – ASIGNACIÓN DE INVERSORES Y STRINGS .....	98
12.5	PLANO 5 – CABLEADO.....	98
12.6	PLANO 6 – UNIFILAR DE CONEXIÓN DE LA INSTALACIÓN.....	98
12.7	PLANO 7 – UNIFILAR DETALLE DE INVERSORES .....	98
12.8	PLANO 8 – UNIFILAR DE COMUNICACIÓN Y MEDIDA .....	98
13.	REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA .....	99

## **1. ANTECEDENTES Y OBJETO DE LA MEMORIA**

Se pretende la ejecución de una instalación solar fotovoltaica en modalidad de AUTOCONSUMO SIN EXCEDENTES, según el RD 244/2019, de 110 kWp (100 kW nominales) sobre cubierta.

El presente proyecto tiene por objeto definir las condiciones técnicas de una instalación de energía solar fotovoltaica de conexión a red de 100 kW nominales, sirviendo de base para la ejecución de esta, contando para ello, y dando cumplimiento a la legislación vigente. Así como terminar mis estudios y obtener el título en Ingeniería Eléctrica.

La instalación se orienta al sur, y ligeramente al éste, puesto que ésta es la orientación de la cubierta de la empresa, y se instalará de forma coplanar puesto que la cubierta adopta una forma de dientes de sierra inclinados 16,7º, lo cual dará un rendimiento óptimo.

## **2. EMPLAZAMIENTO**

Dirección:.....C/ La martina

C.P.:.....46210

Localidad:.....Picaña (Valencia)

Coordenadas UTM:

Latitud.....39º26'15,14" N

Longitud.....0º25'31,12" O

## **4. NORMATIVA APLICABLE**

El presente proyecto recoge las características de los materiales, los cálculos que justifican su empleo y la forma de ejecución de las obras a realizar, dando con ello cumplimiento a las siguientes disposiciones:

### **4.1 LEGISLACIÓN DE ÁMBITO NACIONAL**

Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.

Real Decreto 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.

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. De aplicación a: Instalaciones de potencia inferior a 100 kW (Art. 2)

Real Decreto 1109/2007, de 24 de agosto, por el que se desarrolla la Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el Sector de la Construcción.

Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el Sector de la Construcción.

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación y sus modificaciones.

Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.

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 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de

construcción.

Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud Irelativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.

#### **4.2 LEGISLACIÓN DE ÁMBITO AUTONÓMICO.**

Decreto 177/2005, de 18 de noviembre, del Consell de la Generalitat, por el que se regula el procedimiento administrativo aplicable a determinadas instalaciones de energía solar fotovoltaica.

Decreto-ley 14/2020, de 7 de agosto, de medidas para acelerar la implantación de instalaciones para el aprovechamiento de las energías renovables por la emergencia climática y la necesidad de la urgente reactivación económica.

## **5. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA INSTALACIÓN**

### **5.1 DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA**

La instalación proyectada se compondrá de un sistema fotovoltaico generador de electricidad. Dicho generador estará constituido por módulos fotovoltaicos conectados eléctricamente entre sí, en cuya salida de corriente continua se situará un inversor de potencia que dotará a la energía generada de las características necesarias para su inyección a la red de distribución eléctrica. Se incluirán todas las protecciones necesarias por este tipo de instalaciones, así como las estructuras encargadas de soportar los módulos fotovoltaicos

#### **5.1.1 Generador fotovoltaico**

El panel solar previsto en la instalación será el LR4-72HPH (440Wp) de LONGI que está compuesto de 144 medias células de alta eficiencia de tecnología monocristalino garantizando una producción muy alta de las instalaciones fotovoltaicas.

Para proteger las células contra las condiciones climáticas más adversas, las células están incrustadas entre una protección de cristal endurecido, templado de bajo contenido en hierro, de alta transmisividad; y láminas de TPT y EVA. Marco de aluminio anodinado, estético, estable, que proporciona alta resistencia al viento, a la carga de nieve y con unos accesos sencillos para el montaje. Los perfiles posteriores están equipados con agujeros de drenaje. De esta forma se elimina el riesgo de que el agua de nieve pueda acumularse en el interior del perfil y pueda congelarse produciendo daños. Cableado con sistema de conexión rápida tipo MC4. Certificados bajo IEC61215, TUV class II, CE, ISO9001:2000. La parte trasera está sellada con láminas PET. El laminado se encuentra en un marco de aluminio resistente y fácil de montar.

La planta albergará diez inversores con un total de 20 strings. El total de la instalación será 280 módulos fotovoltaicos. La potencia pico total del sistema generador fotovoltaico será de 110 kWp. Las principales características eléctricas del módulo seleccionado se detallan a continuación.



## Hi-MO 4m

### LR4-72HPH 430~460M

- Suitable for ground power plants and distributed projects
- Advanced module technology delivers superior module efficiency
  - M6 Gallium-doped Wafer
  - 9-busbar Half-cut Cell
- Excellent outdoor power generation performance
- High module quality ensures long-term reliability

**12** 12-year Warranty for Materials and Processing

**25** 25-year Warranty for Extra Linear Power Output

#### Complete System and Product Certifications

IEC 61215, IEC 61730, UL 61730

ISO 9001:2008: ISO Quality Management System

ISO 14001:2004: ISO Environment Management System

TS62941: Guideline for module design qualification and type approval

OHSAS 18001:2007 Occupational Health and Safety

**LONGI**





### **5.1.2 Acondicionamiento de la potencia**

Como es sabido, los módulos fotovoltaicos producen energía eléctrica en corriente continua (CC). La función de los equipos inversores es adaptar esa energía eléctrica de corriente continua (CC) a corriente alterna, modificando así mismo los niveles de tensión. Además de generar una onda sinusoidal, el equipo inversor genera un sistema trifásico equilibrado, adaptando potencia generada a los sistemas convencionales de distribución de energía eléctrica.

La instalación está formada por diez inversores HUAWEI SUN2000-10KTL-M1, que adaptan la corriente suministrada por el generador fotovoltaico, que le entra por su entrada de

C.C. y entrega las características de la corriente en su salida de C.A. La salida de los inversores es trifásica con un nivel de tensión de 400 Vac que será conectada al embarrado de baja tensión de la nave.

Los inversores disponen de un microprocesador encargado de garantizar las características del rizado sinusoidal de salida a la red de distribución, minimizando la distorsión. La lógica de control empleada garantiza, además de un comportamiento automático completo, el seguimiento de puntos de máxima potencia (MPPT) y evita pérdidas durante periodos de reposo (stand-by).

Los inversores dispondrán de cuadros con las siguientes protecciones: Interruptor de interconexión interna para la desconexión automática, Protección interna de máxima y mínima frecuencia, Protección interna de máxima y mínima tensión, protección de funcionamiento anti- isla, Protección contra la polarización inversa de C.C. Resistencia al cortocircuito de C.A., Unidad de seguimiento de la corriente residual sensible a la corriente universal, Vigilante de aislamiento y Monitorización de red.

El conjunto de parámetros monitorizados por el inversor (tensión, intensidad, potencia y energía) puede ser transmitido vía Ethernet o RS485 para integrar un sistema de monitorización y realizar el seguimiento del funcionamiento de la instalación.

Las principales características de los inversores se detallan a continuación.

## Smart Energy Controller



### Active Safety

AI Powered  
Active Arcing Protection



### Higher Yields

Up to 30% More Energy  
with Optimizer <sup>1</sup>



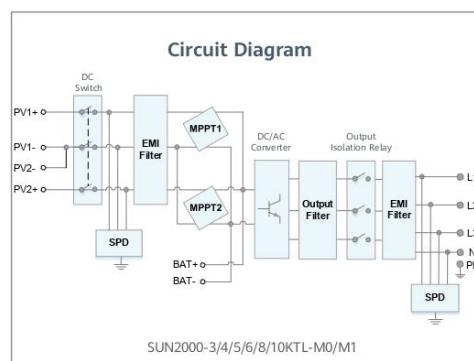
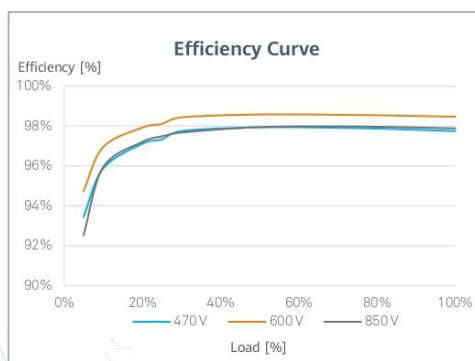
### Battery Ready

Plug & Play battery interface <sup>2</sup>



### Flexible Communication

WLAN, Fast Ethernet, 4G  
Communication Supported



<sup>1</sup> Only applicable to SUN2000-3/4/5/6/8/10KTL-M1 smart energy center.  
<sup>2</sup> SUN2000-3/4/5/6/8/10KTL-M0 will be compatible with HUAWEI smart string ESS in Q1, 2021

SOLAR.HUAWEI.COM/EU/

**ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA AUTOCONSUMO SIN VERTIDO A RED DE 100 KW DE POTENCIA NOMINAL SOBRE LA CUBIERTA DE UNA INDUSTRIA SITA EN TÉRMINO MUNICIPAL DE PICAÑA, PROVINCIA DE VALÈNCIA.**

SUN2000-3/4/5/6/8/10KTL-M1  
**Technical Specification**

Technical Specification	SUN2000 -3KTL-M1	SUN2000 -4KTL-M1	SUN2000 -5KTL-M1	SUN2000 -6KTL-M1	SUN2000 -8KTL-M1	SUN2000 -10KTL-M1
<b>Efficiency</b>						
Max. efficiency	98.2%	98.3%	98.4%	98.6%	98.6%	98.6%
European weighted efficiency	96.7%	97.1%	97.5%	97.7%	98.0%	98.1%
<b>Input (PV)</b>						
Recommended max. PV power <sup>1</sup>	4,500 Wp	6,000 Wp	7,500 Wp	9,000 Wp	12,000 Wp	15,000 Wp
Max. input voltage <sup>2</sup>	1,100 V					
Operating voltage range <sup>3</sup>	140 V ~ 980 V					
Start-up voltage	200 V					
Rated input voltage	600 V					
Max. input current per MPPT	11 A					
Max. short-circuit current	15 A					
Number of MPP trackers	2					
Max. input number per MPP tracker	1					
<b>Input (DC Battery)</b>						
Compatible Battery	HUAWEI Smart String ESS 5kWh - 30kWh					
Operating voltage range	600 V ~ 980 V					
Max operating current	16 A					
Max charge Power	10,000 W					
Max discharge Power	3,300 W	4,400 W	5,500 W	6,600 W	8,800 W	10,000 W
<b>Output (On Grid)</b>						
Grid connection	Three-phase					
Rated output power	3,000 W	4,000 W	5,000 W	6,000 W	8,000 W	10,000 W
Max. apparent power	3,300 VA	4,400 VA	5,500 VA	6,600 VA	8,800 VA	11,000 VA <sup>4</sup>
Rated output voltage	220 Vac / 380 Vac, 230 Vac / 400 Vac, 3W / N+PE					
Rated AC grid frequency	50 Hz / 60 Hz					
Max. output current	5.1 A	6.8 A	8.5 A	10.1 A	13.5 A	16.9 A
Adjustable power factor	0.8 leading ... 0.8 lagging					
Max. total harmonic distortion	≤ 3 %					
<b>Output ( Backup Power via Backup Box-B1 )</b>						
Maximum apparent power	3,300 VA					
Rated output voltage	220 V / 230 V					
Maximum output current	15 A					
Power factor range	0.8 leading ... 0.8 lagging					
<b>Features &amp; Protections</b>						
Input-side disconnection device	Yes					
Anti-Islanding protection	Yes					
DC reverse polarity protection	Yes					
Insulation monitoring	Yes					
DC surge protection	Yes, compatible with TYPE II protection class according to EN/IEC 61643-11					
AC surge protection	Yes, compatible with TYPE II protection class according to EN/IEC 61643-11					
Residual current monitoring	Yes					
AC overcurrent protection	Yes					
AC short-circuit protection	Yes					
AC overvoltage protection	Yes					
Arc fault protection	Yes					
Ripple receiver control	Yes					
Integrated PID recovery <sup>5</sup>	Yes					
Battery reverse charging from grid	Yes					
<b>General Data</b>						
Operating temperature range	-25 ~ + 60 °C (-13 °F ~ 140 °F)					
Relative operating humidity	0 %RH ~ 100 %RH					
Operating altitude	0 ~ 4,000 m (13,123 ft.) (Derating above 2000 m)					
Cooling	Natural convection					
Display	LED Indicators; Integrated WLAN + FusionSolar App					
Communication	RS485; WLAN/Ethernet via Smart Dongle-WLAN-FE; 4G / 3G / 2G via Smart Dongle-4G (Optional)					
Weight (incl. mounting bracket)	17 kg (37.5 lb)					
Dimension (incl. mounting bracket)	525 x 470 x 146.5 mm (20.7 x 18.5 x 5.8 inch)					
Degree of protection	IP65					
Nighttime Power Consumption	< 5.5 W <sup>6</sup>					
<b>Optimizer Compatibility</b>						
DC MBUS compatible optimizer	SUN2000-450W-P					
<b>Standard Compliance (more available upon request)</b>						
Certificate	EN/IEC 62109-1, EN/IEC 62109-2, IEC 62116					
Grid connection standards	G98, G99, EN 50438, CEI 0-21, VDE-AR-N-4105, AS 4777, C10/11, ABNT, UTE C15-712, RD 1699, TOR D4, NRS 097-2-1, IEC61727, IEC62116, DEWA					

<sup>1</sup> Inverter max input PV power is 20,000 Wp when long strings are designed and fully connected with SUN2000-450W-P power optimizers.

<sup>2</sup> The maximum input voltage is the upper limit of the DC voltage. Any higher input DC voltage would probably damage inverter.

<sup>3</sup> Any DC input voltage beyond the operating voltage range may result in inverter improper operating.

<sup>4</sup> C10 / 11: 10,000 VA.

<sup>5</sup> SUN2000-3-10KTL-M1 raises potential between PV- and ground to above zero through integrated PID recovery function to recover module degradation from PID. Supported module types include: P-type (mono, poly).

<sup>6</sup> <10 W when PID recovery function is activated.

Version No.:04-(20201006)



### 5.1.3 Características del campo fotovoltaico

Los generadores fotovoltaicos se han configurado de tal manera que se optimice el rendimiento del inversor (función de la potencia de entrada y la tensión en el punto de máxima potencia). Las características eléctricas de los string son las siguientes:

Módulos por string (Ud)	Potencia fotovoltaica (kWp)	Corriente cortocircuito (A)	Corriente máxima potencia (A)	Tensión circuito abierto (V)	Tensión máxima potencia (V)	Cantidad de strings (Ud)
14	6,16	11,46	10,71	749,3	575,4	20

Los strings se conectarán a cada uno de los inversores como se detalla a continuación.

Cantidad de inversores	Potencia nominal (kWn)	Potencia fotovoltaica (kWp)	Cantidad de módulos	Cantidad y configuración de strings
10	10	11	28	2 strings de 14 módulos

### 5.1.4 Estructuras de soporte.

Los módulos fotovoltaicos se instalarán sobre estructura fija de aluminio, con aleación 6005A-T6. Se empleará estructura coplanar respecto a la cubierta. Se dispondrán las estructuras soporte necesarias para montar según el plano adjunto y se incluirán todos los accesorios precisos para su correcta instalación (fijaciones, grapas, tornillos, tuercas, arandelas, etc.).

Todo el conjunto de estructuras estará dimensionado teniendo en cuenta las dilataciones térmicas, sin que éstas supongan una carga extra que comprometan la integridad de los módulos, las fijaciones, o parte alguna de la instalación. Asimismo, la instalación será capaz de soportar las cargas debidas al viento o la nieve según lo dispuesto en el CTE.

Las estructuras se suministran tras aplicar un procedimiento de anodizado a su superficie, logrando así una mayor protección contra la acción de los agentes ambientales.


Los módulos se instalarán a una distancia mínima de 5 cm. de la cubierta, con objetivo de evitar posibles daños derivados de inclemencias meteorológicas.

Los anclajes se realizarán con varilla roscada y taco químico. Los perfiles de la estructura se instalarán paralelos a las grecas de la cubierta. La cubierta está formada por dos chapas metálicas grecadas separadas por una U u omega. La chapa superior está anclada a esta omega, mientras que la chapa inferior está en medio de las correas de la estructura de la nave y la omega.

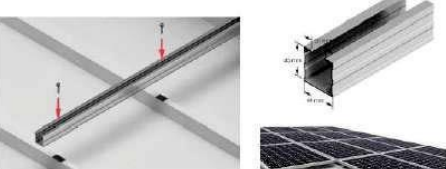
Los perfiles se anclarán en 3 puntos a las correas (en los extremos y el centro) y a las omegas en cada uno de los puntos donde ambas perpendiculares se corten. En caso de que se requiera una sujeción mayor, se buscará el anclaje a correas en más puntos.

Toda la tornillería será de acero inoxidable. En los puntos de anclaje de la estructura se emplearán arandelas de neopreno o cinta de EPDM para sellar los agujeros a fin de evitar la entrada de aguas en el edificio. Además, se sellarán estos anclajes con sellante químico tipo Sikaflex.

Las características técnicas de la estructura soporte coplanar que se empleará se muestran a continuación.



**Anclaje perfil G3 a chapa**



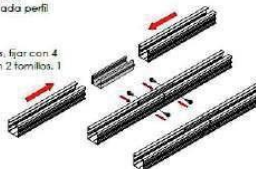
**Materiales de anclaje (opcional):**

- Tornillería S42 o S43
- Junta de estanqueidad S46

**Unión de perfiles G3**

Introducir la UG3 dentro de los perfiles G3 hasta que se toquen y centrar la unión, quedando la misma distancia de cada perfil en su interior.

Para bloquear la unión a los perfiles, fijar con 4 tornillos de fijación. Cada perfil con 2 tornillos, 1 a cada lado de la unión.



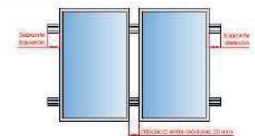
**Perfil continuo para instalaciones coplanares: 43V Vertical.**

**SUNFER**

Ubicar los módulos sobre los perfiles

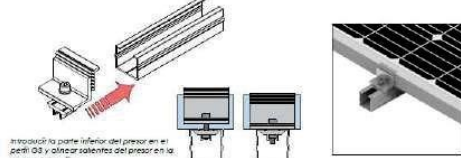
Distribuir los módulos para que su colocación sea simétrica a lo largo del soporte, dejando la misma distancia de soporte en los extremos.

Dejar una separación entre módulos de 20 mm para poner el presor central que fija los módulos al perfil.

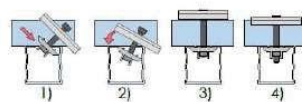


**Fijación de los módulos con los presores**

Introducir la parte inferior del presor en el perfil G3 y alinear salientes del presor en la ranura de perfil.



1) Introducir en diagonal la parte interior del presor.  
 2) Girar hasta tocar el borde de la ranura y presionar.  
 3) Alinear presor haciendo coincidir los salientes en la ranura.  
 4) Apretar tornillo para bloquear el módulo.



20mm 20mm

R1-01/21

No se autoriza el derecho a realizar modificaciones en el producto en cualquier momento sin el consentimiento escrito de nuestra compañía, salvo en el caso de mejoras para la mejora de la calidad. Las ilustraciones pueden ser sólo ejemplares y, por tanto, la imagen que aparece puede diferir del producto suministrado.

1/2

### 5.1.5 Cableado

La instalación, cumple con todas las consideraciones técnicas expuestas en el Real Decreto 1663/2000, de 29 de septiembre, sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión, así como con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (en adelante, REBT).

Se utilizará cable de cobre flexible unipolar, con aislamiento de XLPE y cubierta de PVC o similar, y su sección será la suficiente para asegurar que las pérdidas por caída de tensión en cables y cajas de conexión sean inferiores al 1,5% en el tramo CC y al 1,5% en el tramo CA. Todos los cables serán adecuados para uso en intemperie, al aire o enterrado, cumpliendo la norma UNE 21123, tipo ZZ o Z2Z2.

Para el cálculo de la sección de los conductores, se tendrán en cuenta los criterios de Caída de tensión y de Intensidad máxima admisible o Calentamiento.

Los inversores propuestos permiten la conexión directa de los string mediante conector MC4.



En general, para el cableado correspondiente al tramo de CA, es decir, el que transcurre desde el armario de protecciones de CA y el armario de interconexión, se seguirá lo dispuesto en la ITC-BT-06 (redes aéreas) y/o la ITC-BT-07 (redes subterráneas), según proceda.

Para los tramos accesibles (alturas respecto al suelo inferiores a 2,5m.), el cableado se instalará en bandeja perforada con tapa, siguiendo lo especificado en ITC-BT-06 (3.1.1.) e ITC- BT-11 (1.2.1.)



Las canalizaciones empleadas en la instalación teniendo en cuenta que las instalaciones a la intemperie deberán cumplir la ITC-BT 030 del REBT 2002 en cuanto a instalaciones en locales mojados.

Las canalizaciones de DC separarán los polos positivo y negativo. El grueso de la canalización en DC se realizará en la cubierta. Esta canalización se realizará sobre bandejas tipo rejiband con tapa, para permitir la refrigeración del cableado además de prevenir daños por efectos ambientales o animales.

La canalización en cubierta irá anclada a los perfiles en forma de U que separan las dos chapas de la cubierta, y estará tomada a tierra a lo largo de las bandejas.

La entrada del cableado desde el exterior de la cubierta al interior de la nave se realizará por uno o dos agujeros hechos para la ocasión en las paredes laterales de los respiraderos existentes en la nave. Estos agujeros serán sellados de manera que se asegure la estanqueidad.

Para las canalizaciones en el interior de la nave se utilizarán dos bandejas, de manera que el cableado se distribuya en ambas. La distribución puede ser 60+60 series (bandejas equilibradas) o 30+60 (bandejas según vayan a CT2 o CT1).

Toda la instalación dispondrá de una toma de tierra adecuada a la sección de los conductores activos según el REBT. En el caso de la cubierta, la tierra se discurrirá uniendo todas las bandejas y el inicio de todas las series de módulos. La continuidad en las series se asegurará a través de las partes metálicas de la estructura y los marcos de aluminio, confirmándose que las grapas atraviesan el anodizado de los mismos.

### **5.1.6 Protecciones**

El sistema de protecciones cumplirá con lo especificado en el REBT y, en particular, con todo lo dispuesto en el Real Decreto 413/2014, sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de distribución, así como la normativa de la compañía distribuidora. El sistema deberá contar, como mínimo, con las siguientes medidas de protección:

- **Un elemento de corte general:** Para proporcionar aislamiento sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de personal frente al riesgo eléctrico:

- **Un Interruptor automático diferencial:** Para proteger a las personas en el caso de derivación de algún elemento a tierra.
  - Se ubicará en la instalación del productor y será acorde a lo indicado en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. En particular, la protección diferencial cumplirá lo indicado en la Guía BT-40, por lo que su intensidad diferencial-residual máxima será de 300 mA.
  
- **Interruptor automático de la conexión:** Para la desconexión-conexión automática de la instalación en caso de anomalía de tensión o frecuencia de la red, junto a un relé de enclavamiento. Esta protección está incluida en las protecciones internas de los inversores.
  - Dicho interruptor estará ubicado en la instalación del productor.
  - De acuerdo a la ITC-BT-01 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, un interruptor automático es aquel capaz de establecer, mantener e interrumpir las intensidades de corriente de servicio, o de establecer e interrumpir automáticamente, en condiciones predeterminadas, intensidades de corriente anormalmente elevadas, tales como las corrientes de cortocircuito. Por otro lado, el RD 1699/2011 establece que la función de este interruptor es la desconexión del generador en caso de actuación de las protecciones voltimétricas de la instalación.
  - En consecuencia, se entiende que ambas funciones pueden ser cubiertas por dos elementos, un interruptor automático de la instalación, con protección contra sobreintensidades y capacidad de corte de cortocircuitos, y un elemento de corte del generador, con capacidad de corte en carga, sobre el que actúen las protecciones voltimétricas y los automatismos de conexión y desconexión.

- Dicho interruptor estará ubicado en la instalación del productor.
- De acuerdo a la ITC-BT-01 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, un interruptor automático es aquel capaz de establecer, mantener e interrumpir las intensidades de corriente de servicio, o de establecer e interrumpir automáticamente, en condiciones predeterminadas, intensidades de corriente anormalmente elevadas, tales como las corrientes de cortocircuito. Por otro lado, el RD 1699/2011 establece que la función de este interruptor es la desconexión del generador en caso de actuación de las protecciones voltimétricas de la instalación.
- En consecuencia, se entiende que ambas funciones pueden ser cubiertas por dos elementos, un interruptor automático de la instalación, con protección contra sobreintensidades y capacidad de corte de cortocircuitos, y un elemento de corte del generador, con capacidad de corte en carga, sobre el que actúen las protecciones voltimétricas y los automatismos de conexión y desconexión.
- **Protecciones voltimétricas de la conexión.** Esta protección está incluida en el inversor.
  - Un relé de máxima y mínima frecuencia (81m-M), conectado entre fases, ajustado a 50,5 Hz y 48 Hz con una temporización máxima de 0.5 y de 3 segundos respectivamente. (Nota 1)
  - Un relé de máxima tensión (59), conectado entre fases, ajustado a 1,1 Un y 1,15 Un con una temporización máxima de 1,5 y de 0,2 segundos respectivamente. (Nota 1)
  - Un relé trifásico de mínima tensión (27), conectado entre fases, ajustado a 0,85 con una temporización máxima de 1,5 segundos. (Nota 1)
  - La tensión para la medida de estas magnitudes se deberá tomar a la salida del generador tal y como se recoge en los esquemas de conexión del Anexo 2 de la MT 3.53.01

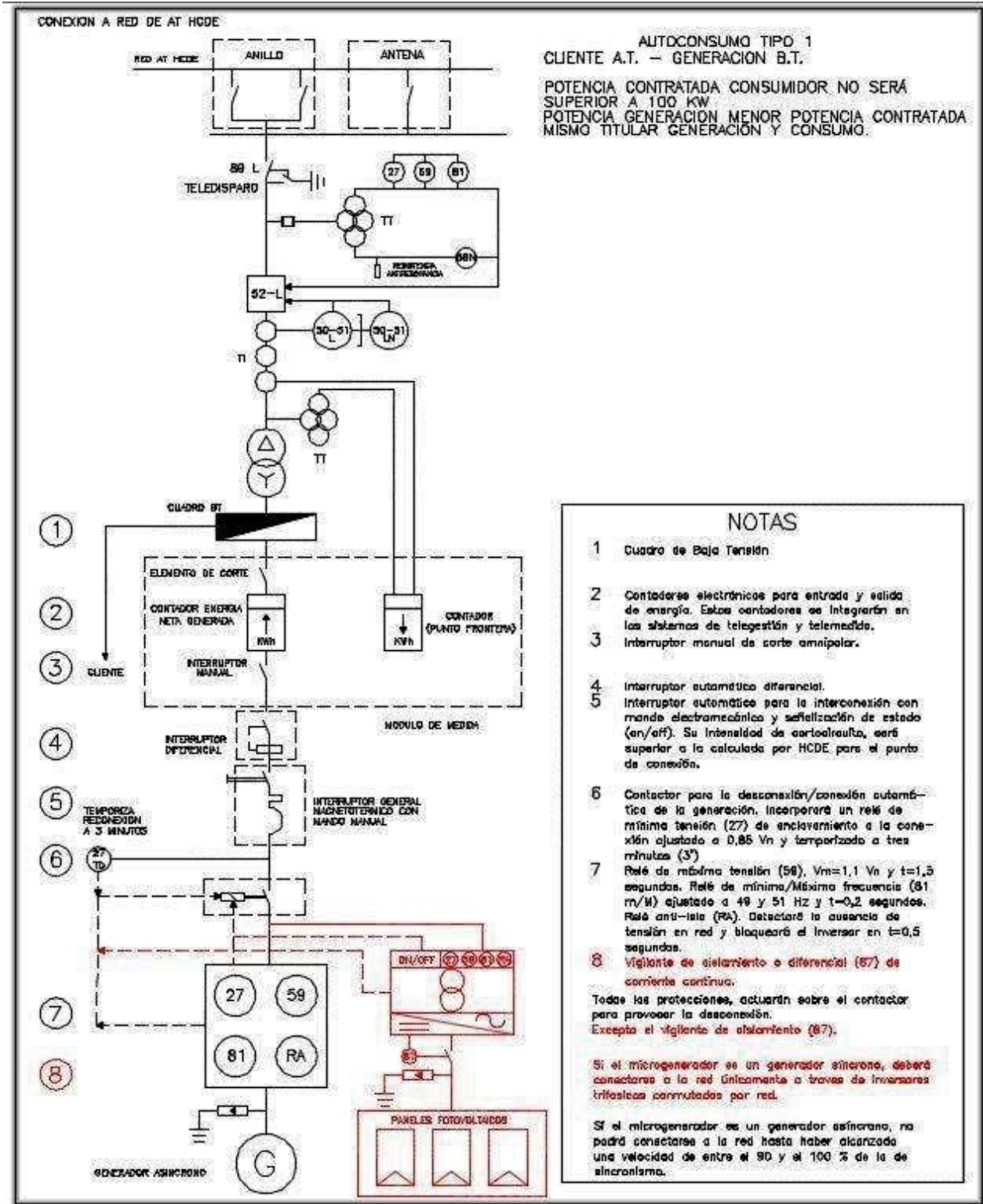
- En caso de actuación de la protección de máxima frecuencia, la reconexión sólo se realizará cuando la frecuencia alcance un valor menor o igual a 50 Hz.
- Estas protecciones actuarán preferentemente sobre el elemento de corte del generador, si bien pueden actuar sobre el interruptor automático de la instalación cuando este admita disparos externos y permita realizar la reconexión automática.
- **Según aplicación ET 5095 (Ed.6)** podrá evitarse la instalación de protecciones en alta tensión en aquellas instalaciones de autoconsumo que cumplan las siguientes condiciones:
  - Que estén dentro del ámbito de aplicación del RD 1699/2011. Para las instalaciones que se acojan a la modalidad de autoconsumo tipo 2 (la instalación es considerada un sujeto productor), deberán cumplir los requisitos del artículo 13, apartado 2.b, del RD 900/2015 (generación no superior a 100 kW y misma persona física y jurídica para generación y consumo).
  - **SE SUSTITUYEN** las protecciones en alta tensión por un sistema que proporciona seguridad equivalente, compuesto por:
    - a. La conexión a red mediante inversores que incluyen un sistema de detección de funcionamiento en isla certificado de acuerdo a UNE 206006 IN (UNE 206007-1 IN).
    - b. Un sistema que evita el vertido de energía a la red, certificado de acuerdo a UNE 207001 IN, de manera que la instalación en su conjunto funcione en todo momento como consumidor. (CONTROLADOR DE VERTIDO).

En caso en el que el equipo generador incorpore alguna de las protecciones anteriormente descritas, éstas deberán cumplir la legislación vigente, en particular los Reglamentos Electrotécnicos y ser precintable, y en este caso no será necesaria la duplicación de las protecciones.

Para complementar esta actuación, el inversor seleccionado incorpora un controlador permanente de aislamiento, el cual permite detectar la ocurrencia de un

primer defecto a tierra. En este caso, el equipo se desconecta y se activa una alarma visual en el equipo.

El esquema de conexión utilizado es el siguiente:



ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA AUTOCONSUMO SIN VERTIDO A RED DE 100 KW DE POTENCIA NOMINAL SOBRE LA CUBIERTA DE UNA INDUSTRIA SITA EN TÉRMINO MUNICIPAL DE PICAÑA, PROVINCIA DE VALÈNCIA.

### 5.1.7 Contador

No procede su instalación.

### 5.1.8 Monitorización

Se instalará un sistema de comunicación vía Ethernet. Este sistema permite al usuario de la instalación visualizar de modo individual todos los datos de la instalación.

La transmisión de datos se realizará por medio del software del fabricante Huawei, para poder visualizar los datos de la instalación desde cualquier ordenador o dispositivo móvil conectado a Internet.

### 5.1.9 Cuadro resumen de la instalación

- Características:
  - Localización.....Picaña (Valencia)
  - Coordenadas UTM:
  - Latitud.....39°38'59.68" N
  - Longitud.....0°25'31,12" O
  - Potencia Nominal de la Instalación.....100 kWn
  - Potencia Generador fotovoltaico.....110 kWp
  
- Equipos principales:
  - Módulos fotovoltaicos: LR4-72HPH (440Wp) de LONGI
  - Potencia por módulos.....440 Wp + 3%
  - N.º módulos:..... 280
  - Modelo inversor: ..... HUAWEI SUN2000-10KTL-M1
  - Potencia nominal inversor.....10 kWn
  - N.º inversores:.....10

## **6. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD Y EL PROCESO**

### **6.2 CLASIFICACIÓN DE LA ACTIVIDAD**

La actividad a la que se refiere el presente proyecto se considera como ACTIVIDAD INOCUA (aquella actividad que por su naturaleza, carácter y condiciones de funcionamiento no pueda previsiblemente producir molestias, afectar a las normales condiciones de salubridad e higiene, o implicar daños o riesgos graves a personas o bienes).

La actividad es considerada inocua ya que en su funcionamiento:

- (a) No se producen operaciones que generen emanaciones de gases nocivos o vapores con olor desagradable, humos o partículas en proporciones superiores a las marcadas en las Ordenanzas municipales específicas vigentes.
- (b) No utiliza en su proceso elementos químicos inflamables, explosivos, tóxicos, en general, que producen molestias o sean potencialmente peligrosos. No produce emisiones radiactivas.
- (c) No produce vibraciones, por lo que respeta las Ordenanzas municipales específicas vigentes.
- (d) No transmite al exterior niveles superiores a los autorizados por las Ordenanzas municipales específicas vigentes. No produce ruido y ni siquiera posee partes en movimiento. En el ambiente exterior no se alcanzan los niveles sonoros de recepción de 45 dB de día (de 8 a 22h) y 45 dB de noche (de 22 a 8h.).
- (e) La instalación en sí misma no precisa de medidas de seguridad frente al fuego, ya que no posee componentes inflamables ni combustibles. La instalación eléctrica se ajusta a lo dispuesto en su normativa específica, por lo que no entraña riesgos de incendio o explosión.



## 7. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

### 7.2 DIMENSIONADO DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO

El factor de dimensionado del generador depende de diversos factores. En primer lugar, los relativos al emplazamiento de la instalación como son la irradiancia, la temperatura y la disposición de los módulos. En segundo lugar, las características de los equipos seleccionados.

Para seleccionar el factor de dimensionado que optimiza la captación de energía con relación a los metros cuadrados de captación instalados se han considerado las características eléctricas de entrada del inversor seleccionado, así como las posibles pérdidas de energía que puedan aparecer en el tramo comprendido entre el generador fotovoltaico y el inversor.

Para dimensionar y configurar la conexión del campo fotovoltaico en los inversores se deberá considerar la variación de las características de tensión y corriente del generador fotovoltaico con la temperatura ambiente y la irradiancia incidente. Esto determinará cómo ha de ser la conexión de los módulos para que la tensión y la corriente conectadas al inversor estén dentro del rango admisible por el mismo.

#### 7.2.1 Comprobación por tensión

Las características eléctricas del módulo según la ficha técnica están definidas para condiciones STC que corresponden a una temperatura de la célula fotovoltaica de 25°C y una radiación solar de 1.000 W/m<sup>2</sup>. En la realidad, las condiciones no se corresponden con las condiciones estándar, por lo que se ha de tener en cuenta las variaciones que se producen en las características. En concreto, la tensión del módulo varía sensiblemente con la temperatura de la célula en un -0,28%.

El rango de tensión de continua de trabajo del inversor seleccionado en máxima potencias de 140 a 980 V. Mientras que, en circuito abierto, admite una tensión máxima de 1100 V. Con esto se determinará el valor máximo y mínimo de módulos que pueden conectarse en serie para formar un string.

Para calcular el número mínimo de módulos en serie, se tiene en cuenta la tensión mínima de punto de máxima potencia y la temperatura máxima de la célula. Según la **[ec.1]**, el número mínimo de módulos en serie es **5** módulos.



$$\underline{N_{s,MIN}} = \frac{V_{MIN}}{V_{MP} + \alpha_V \cdot V_{MP} \cdot (T_{MAX} - T_{STC})}$$

[ec.1]

Siendo:

- $V_{MIN}$ : la tensión mínima de máxima potencia del inversor, **140 V**.
- $V_{MP}$ : la tensión de máxima potencia en condiciones STC del módulo, **41,1V**.
- $\alpha_V$ : coeficiente de temperatura de la tensión del módulo, **-0,27%**.
- $T_{MAX}$ : temperatura máxima de la célula, fijada en un valor de **80°C**.

Para calcular el número máximo de módulos en serie, se tiene en cuenta la tensión de circuito abierto del módulo y la temperatura ambiente mínima. Según la [ec. 2], el número máximo de módulos en serie es **21** módulos.

$$\underline{N_{s,MAX}} = \frac{V_{MAX}}{V_{OC} + \alpha_V \cdot V_{OC} \cdot (T_{MIN} - T_{STC})}$$

Siendo:

- $V_{MAX}$ : la tensión máxima de entrada del inversor, **1100 V**.
- $V_{OC}$ : la tensión en circuito abierto en condiciones STC del módulo, **48,9V**.
- $\alpha_V$ : coeficiente de temperatura de la tensión del módulo, **-0,27%**.
- $T_{MIN}$ : temperatura mínima de la célula, fijada en un valor de **-5°C**, según UNE-HD 60364-7-712:2017.

La planta está formada strings de 14 módulos LR4-72HPH (440Wp) LONGI. Por lo que se comprueba que se encuentran dentro del rango de tensión admitido por el inversor.

### 7.2.2 Comprobación por intensidad

La máxima corriente de entrada del inversor por seguidor de máxima potencia es 11 A. La corriente que circula por un string es la correspondiente a la de un módulo, teniendo en cuenta las variaciones de las condiciones ambiente con respecto a las

condiciones STC. En concreto, la corriente del módulo varía con la temperatura de la célula con un factor de 0,048%.

Para calcular el número máximo de series que se pueden conectar a cada seguidor del punto de máxima potencia, se tiene en cuenta la corriente de cortocircuito del módulo y la temperatura máxima de la célula. Teniendo en cuenta la **[ec. 3]**, como máximo, se pueden conectar a cada seguidor **1** string.

$$\text{[ec. 3]} \quad N_{P,MAX} = \frac{I_{MAX}}{I_{MP} + \alpha_I \cdot I_{MP} \cdot (T_{MAX} - T_{STC})}$$

Siendo:

- $I_{MAX}$ : la corriente máxima de entrada por seguidor de máxima potencia del inversor, **11 A**.
- $I_{MP}$ : corriente del punto de máxima potencia en condiciones STC del módulo, **10,71 A**.
- $\alpha_I$ : coeficiente de temperatura de la corriente del módulo, **0,048%**.
- $T_{MAX}$ : temperatura máxima de la célula, fijada en un valor de **80°C**.

El inversor cuenta con dos entradas por cada seguidor del punto de máxima potencia, pero tan sólo se podría utilizar una de ellas, pues la corriente máxima en determinadas condiciones podría superar el máximo admisible.

### **7.2.3 Configuración de los strings de la planta**

Tras realizar las comprobaciones pertinentes, la planta está configurada de la siguiente manera, no sobrepasando en ningún caso un factor de sobredimensionado de la potencia fotovoltaica con respecto a la potencia nominal del inversor del 20%.

La potencia nominal de la instalación es la potencia nominal de los inversores, resultando un total de 100 kW. La potencia pico total es la suma de la potencia pico en condiciones STC de todos los módulos fotovoltaicos de la instalación. La instalación

fotovoltaica consta de sistema generador compuesto por 280 módulos fotovoltaicos de células de silicio monocristalino cada uno, módulos LONGI LR4-72HPH (440Wp), con una potencia unitaria máxima de 440 W. La potencia pico total del sistema generador fotovoltaico será de 110 kWp.

Cantidad de inversores	Potencia nominal (kWn)	Potencia fotovoltaica (kWp)	Cantidad de módulos	Cantidad y configuración de strings
10	10	11	28	2 strings de 14 módulos

### **7.3 SECCIONES DE CABLEADO**

El cableado instalado cumplirá los estándares y normativas aplicables. Se identificará de manera que se faciliten las labores de instalación y posterior mantenimiento y reparación.

El cableado de baja tensión exterior será compatible con los específicos del sistema fotovoltaico. Serán aptos para uso exterior, resistiendo fenómenos meteorológicos incluyendo radiación solar directa, cable retardante de llama, baja emisión de humos, baja toxicidad, resistente a agentes químicos y temperaturas superiores a 90 °C.

La elección de la sección del cableado se ha basado en la aplicación de dos criterios: Criterio Térmico y Criterio de Caída de Tensión. Ambos casos se fundamentan en el Efecto Joule, de modo que la emisión de calor debe quedar siempre por debajo de la soportada por el cable. Se adoptará, en cada situación, la sección mayor de entre las obtenidas mediante los dos métodos citados.

Para el dimensionado en función del criterio térmico, según la ITC-BT-40 del REBT la intensidad máxima es el 125% de la intensidad de diseño y deberá ser menor que la intensidad máxima admisible por el conductor. Por otra parte, para el diseño por el criterio de máxima caída de tensión, en el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red del IDAE (PCT-C-REV – julio 2011), se indica que los conductores serán de cobre y tendrán la sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos. Concretamente, para cualquier condición de trabajo, los conductores deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior del 1,5 %.

Se intentará evitar a toda costa, para todos los tipos de cableado, la realización de empalmes. Todos los empalmes que se deban realizar por necesidades de la instalación se llevarán a cabo mediante los conectores adecuados para evitar las malas conexiones eléctricas que puedan degradar componentes o incluso generar fallos debido a arcos eléctricos u otro tipo de eventos.

### **7.3.1 Tramo de Corriente Continua**

#### **7.3.1.1 Conexión entre módulos fotovoltaicos de cada string.**

Para el cableado entre los módulos que constituyen un mismo string, se empleará el conector rápido MC4 que llevan incorporado un latiguillo de longitud 1.200 mm. y 4 mm<sup>2</sup> de sección.

#### **7.3.1.2 Tramo final string generador fotovoltaico-Cuadro de mando y protección CC-Inversor fotovoltaico.**

Corresponde al tramo de cableado comprendido entre el final de cada string de módulos y la caja de protección y maniobra de CC. A esta caja llegarán los conductores procedentes de las series de módulos, para conectarlas directamente en las entradas del inversor.

El cableado propuesto para este tramo será adecuado para las condiciones de tensión e instalación de la obra, siendo por tanto de tipo ZZ-F 0,9/1,8 kV o bien H1Z2Z2-K 1,5/1,5 kV.

Se selecciona una sección comercial de **6 mm<sup>2</sup>** y a continuación, se comprueba que se cumple tanto el criterio térmico como el criterio de máxima caída de tensión.

- Por criterio térmico

La intensidad para la cual se procede a realizar el dimensionado corresponde con la corriente de cortocircuito del módulo LONGI LR4-72HPH (440Wp), cuyo valor es 11,46 A. Sustituyendo el valor en la **[ec.4]**, se obtiene que la intensidad máxima será **14,32 A**.

$$I_{MAX} = 1,25 \cdot I_{SC}$$

**[ec.4],**

Atendiendo a la ITC-BT-19 del REBT para la elección de las secciones de los conductores, se ha de cumplir la norma UNE 20.460 -5-523. El método de instalación para los cables de corriente continua es sobre bandeja perforada tipo Rejiband, lo que corresponde con el método de instalación F, según la tabla 52-B2 (Cables unipolares en contacto al aire libre).

Para dos conductores de cobre con aislamiento XLPE, la intensidad admisible se obtiene en la columna 13 de la tabla A.52-1. Para una sección de 6 mm<sup>2</sup>, y tomando como referencia la columna 12 que es más restrictiva, la intensidad máxima admisible será de **57 A**.

A este valor hay que aplicarle los coeficientes de reducción para grupos de varios circuitos, según la tabla C.52.3 de la norma HD 60364-5-52:2011. La disposición será acorde al punto 4 (Capa única sobre bandejas perforadas horizontales) para 9 cables o más, por lo que habrá que aplicar el coeficiente **0,7**

La intensidad máxima admisible, por tanto, será de **39,9 A**. Cumpliendo de este modo con el criterio térmico.

- Por criterio de máxima caída de tensión

La máxima caída de tensión admisible en el tramo de corriente continua no ha de superar el 1,5%. Se calculará la caída de tensión atendiendo a la **[ec.5]** para cada string y se comprobará que no supera el 1,5% con la sección seleccionada de 6 mm<sup>2</sup>.

$$\Delta V (\%) = \frac{200 \cdot L \cdot I_{MP}}{S \cdot y \cdot V_{MP} \cdot N_S}$$

Siendo:

- L: la longitud del string en metros
- I<sub>MP</sub>: la corriente de máxima potencia del módulo, cuyo valor es **10,72 A**.
- S: sección del conductor, en este caso **6 mm<sup>2</sup>**.
- y: conductividad del cobre a una temperatura de 90°C, que corresponde con el caso más desfavorable. Su conductividad es de **44 m/ Ω·mm<sup>2</sup>**.
- V<sub>MP</sub>: la tensión de máxima potencia del módulo, cuyo valor es **41,1 V**.
- N<sub>S</sub>: el número de módulos en serie que forman el string, en este caso **14**.

En la siguiente tabla puede observarse la caída de tensión para cada string. La caída de tensión media de la planta en el lado de corriente continua es **1,16%**.

string	módulos	longitud(m)	Caída de tensión(%)
1.1	14	134,2	1,87
1.2	14	130	1,81
1.3	14	127,2	1,77
1.4	14	125	1,74
1.5	14	118	1,64
1.6	14	105	1,46
1.7	14	100	1,39
1.8	14	92	1,28
1.9	14	89	1,24
1.10	14	85,3	1,19
1.11	14	77,8	1,08
1.12	14	70,1	0,97
1.13	14	65,5	0,91
1.14	14	60,9	0,85
1.15	14	58,3	0,81
1.16	14	55	0,76
1.17	14	50,9	0,71
1.18	14	46,2	0,64
1.19	14	42,4	0,59
1.20	14	40	0,56
		Media	1,16

### **7.3.1.3 Conductor de tierra**

El cableado de tierra será de la misma sección que los conductores activos, de 6 mm<sup>2</sup>, uniendo todas las partes metálicas de la instalación en cubierta (perfiles, marcos de paneles, bandejas).

### **7.3.2 Tramo de corriente alterna**

La conexión de la salida de los inversores con el embarrado del cuadro general de mando y protección de la instalación a 400 V se realizará mediante conductores de cobre aislados de tipo RZ1-K 0.6/1 kV de tensión nominal no inferior a 1000 V.

La canalización de los tramos de corriente alterna de la planta será de tipo bandeja perforada. Dichos tramos son los comprendidos entre los inversores y el punto de conexión de los inversores al cuadro eléctrico.

### 7.3.2.1 Tramo entre inversores y embarrado general

Se selecciona una sección comercial de **4 mm<sup>2</sup>** y a continuación, se comprueba que se cumple tanto el criterio térmico como el criterio de máxima caída de tensión.

- Por criterio térmico

La intensidad para la cual se procede a realizar el dimensionado corresponde con la corriente del inversor HUAWEI SUN2000-10KTL-M1, cuyo valor es **16,9 A** a una tensión de 400 V, que corresponde con la mínima tensión de trabajo del inversor. Sustituyendo el valor en la **[ec.6]**, se obtiene que la intensidad máxima por cada inversor será **21,125 A**.

**[ec.6]**

$$I_{MAX} = 1,25 \cdot I_{INV}$$

Atendiendo a la ITC-BT-19 del REBT para la elección de las secciones de los conductores, se ha de cumplir la norma UNE 20.460 -5-523. El método de instalación para los cables de corriente alterna es sobre bandeja perforada, lo que corresponde con el método de instalación F, según la tabla 52-B2. Para tres conductores activos de cobre con aislamiento XLPE, la intensidad admisible se obtiene en la columna 11 de la tabla A.52-1. Para una sección de **4 mm<sup>2</sup>**, la intensidad máxima admisible será de **38 A**.

Utilizando la tabla C.52.3 de la norma HD 60364-5-52:2011 se aplica un criterio de reducción por grupo de 6 circuitos de 0,75, según el grupo 4 de capa única sobre bandejas perforadas horizontales.

El resultado de aplicar este coeficiente resulta en una intensidad máxima admisible de **28,5 A**. Cumpliendo de este modo con el criterio térmico.

- Por criterio de máxima caída de tensión

La máxima caída de tensión admisible en el tramo de corriente alterna no ha de superar el 1,5%. Se calculará la caída de tensión atendiendo a la **[ec.7]** para cada inversor y se comprobará que no supera el 1,5% con la sección seleccionada para cada línea.

**[ec.7]** 
$$\Delta V (\%) = \frac{\sqrt{3} \cdot 100 \cdot L \cdot I_{LINEA}}{S \cdot \gamma \cdot V}$$

Siendo:

- L: la longitud entre el inversor y el embarrado en metros.
- $I_{LINEA}$ : la corriente de nominal de la línea, **16,9 A**.
- S: sección del conductor, **4 mm<sup>2</sup>**.
- $\gamma$ : conductividad del cobre a una temperatura de 90°C, que corresponde con el caso másdesfavorable. Su conductividad es **de 44 m/  $\Omega \cdot mm^2$** .
- V: la mínima tensión del inversor, **380 V**.

En la siguiente tabla puede observarse la caída de tensión para cada línea. La caída detensión media de la planta en el lado de corriente alterna es **0,55 %**.

inversor	longitud	caída de tensión
1	7	0,77
2	7	0,77
3	6	0,66
4	6	0,66
5	5	0,55
6	5	0,55
7	4	0,44
8	4	0,44
9	3	0,33
10	3	0,33
	media	0,55

### 7.3.2.2 Conductor de tierra

Para el cableado de tierra se seguirá lo indicado en la ITC-BT 19, de manera que la sección del cable de tierra sea igual a la sección del cableado del conductor de fase.

En este caso, para los inversores la tierra será de 4 mm<sup>2</sup>.



## **7.4 CÁLCULO DE PROTECCIONES**

### **7.4.1 tramo corriente continua**

Es la parte comprendida entre el campo fotovoltaico y el inversor.

#### **7.4.1.1 Protección frente a cortocircuitos y sobrecargas**

El cortocircuito es un punto de trabajo no peligroso para el generador fotovoltaico, ya que la corriente está limitada a un valor muy cercano a la máxima de operación normal del mismo. El cortocircuito puede, sin embargo, ser perjudicial para el inversor. Con este motivo, se incluirán fusibles tipo gPV normalizados según la norma UNE EN 60269 en los conductores positivos y negativos de cada uno de los strings de la planta.

La realización o eliminación de un cortocircuito franco produce un elevado arco eléctrico, por producirse una rápida transición del estado de circuito abierto al de cortocircuito. En lo que respecta a las sobrecargas, aunque el inversor obliga a trabajar al generador fotovoltaico fuera de su punto de máxima potencia si la potencia de entrada es excesiva, el fusible introducido en cada polo con la función adicional de facilitar las tareas de mantenimiento.

Según la guía técnica ITC BT-22, para cumplir esta función, el fusible seleccionado debe satisfacer la siguiente ecuación **[ec. 8]**, general para cualquier dispositivo.

$$\text{[ec. 8]} \quad 1,25 \cdot I_{SC} \leq I_p \leq I_z$$

Siendo:

- $I_{SC}$ : intensidad de cortocircuito de los módulos en condiciones STC, **11,46 A**.
- $I_p$ : intensidad asignada al dispositivo de protección
- $I_z$ : intensidad admisible por el conductor. Para la sección de **6 mm<sup>2</sup>, 57 A**.

Adicionalmente, para fusible tipo gG normalizados cuyo calibre sea superior o igual a 10 A, debe la cumplirse la **[ec. 9]**.

**[ec. 9]** 
$$1,6 \cdot I_P \leq 1,45 \cdot I_Z$$

En el cuadro siguiente se detalla el calibre de las protecciones diseñadas.

Intensidad de diseño de la línea ( $1,25 \cdot I_{sc}$ )	Calibre de protección de los fusibles gG ( $I_P$ )	Intensidad máxima admisible ( $I_Z$ )
14,31 A	20 A	57 A

#### **7.4.1.2 Protección frente a sobretensiones**

Sobre el generador fotovoltaico, se pueden inducir sobretensiones de origen atmosférico de cierta importancia. Por ello, la entrada CC del inversor se debe proteger mediante dispositivos bipolares de protección clase II. El dispositivo empleado deberá tener las siguientes características:

- Tiempo actuación < 25 ns.
- Corriente máxima actuación < 15 kA
- Tensión residual < 2 kV.

En este caso, el inversor seleccionado incorpora dispositivos de protección contra sobretensiones inducidas tanto en su parte de CC como en la de CA, por tanto, no se hace necesaria la inclusión de protecciones adicionales.

En el caso de contar en las cercanías de la instalación de un sistema de protección externa contra rayos, se deberá dotar al circuito de AC de un dispositivo de protección contra caída directa de rayo clase I.

#### **7.4.1.3 Protección frente a contactos directos e indirectos**

El generador fotovoltaico se conectará en modo flotante, es decir, los conductores activos se encuentran aislados de tierra, proporcionando unos niveles de protección

adecuados tanto frente a contactos directos como indirectos. Esta medida por sí misma no constituye una medida eficaz, ya que es un requisito imprescindible que la resistencia de aislamiento de la parte de continua se mantenga por encima de unos niveles de seguridad y no ocurra un primer defecto a masa o a tierra. En este último caso, se genera una situación de riesgo, que se soluciona mediante:

- El aislamiento clase II de módulos fotovoltaicos, cables y cajas de conexión. Éstas últimas deberán estar dotadas de señales de peligro eléctrico.
- Controlador permanente de aislamiento, integrado en el inversor en este caso, que detecte la aparición de un primer defecto a tierra, cuando la resistencia aislamiento sea inferior a un valor determinado. Este valor viene determinado por la máxima tensión de circuito abierto que se puede originar en el sistema, constituyendo la condición de mayor peligro eléctrico.

Así, el valor de la resistencia de aislamiento vendrá dado por la siguiente **[ec. 10]**.

$$R_{ISO}(\Omega) = 40 \cdot V_{OC} - 1000$$

**[ec. 10]**

Adoptando  $V_{OC}$  un valor próximo a los 48,9 V, en condiciones de baja insolación y temperatura ambiente.

Con esta actuación, se garantiza que la corriente de defecto va a ser inferior a 30 mA que marca el umbral de riesgo eléctrico para las personas. El inversor detendrá su funcionamiento y se activará una alarma visual en el equipo.

## **7.4.2 Tramo de corriente alterna**

### **7.4.2.1 Protección frente a cortocircuitos y sobrecargas**

Según RD 1663/2000, de 29 de septiembre, es obligatorio incluir un interruptor general automático. Se instalará un interruptor magnetotérmico omnipolar que protegerá simultáneamente tanto como contra cortocircuitos como contra sobrecargas. El dispositivo cumplirá la norma UNE EN 60898. El poder de corte superior a la corriente de cortocircuito indicada por la empresa distribuidora en el punto de conexión y superior a 4.500 A, tal como se indica en la ITC-BT-22.

La corriente de diseño del circuito trifásico a proteger es, según norma EN 60269, para protección contra sobrecargas, y deberá cumplir lo establecido en la ecuación **[ec.11]**.

**[ec.11]** 
$$1,25 \cdot I_{INV} \leq I_P \leq I_Z$$

Siendo:

- $I_{INV}$ : intensidad máxima de salida del inversor, **16,9A**.
- $I_P$ : intensidad asignada al dispositivo de protección
- $I_Z$ : intensidad máxima admisible por el conductor. Teniendo la sección seleccionada para las líneas de corriente alterna de cada inversor de **4 mm<sup>2</sup>, 38 A**.

Intensidad de diseño de la línea ( $1,25 \cdot I_{INV}$ )	Calibre de protección del magnetotérmico tipo C ( $I_P$ )	Intensidad máxima admisible ( $I_Z$ )
21,125 A	32 A	38 A

#### **7.4.2.2 Protecciones frente a contactos indirectos**

La ITC-BT-24, al tratarse de una instalación únicamente accesible a personal cualificado y autorizado, se emplearán dos medidas de protección frente a contactos directos. La primera será por medio de obstáculos que serán desmontables sin la ayuda de una herramienta y estarán fijados para que se impida el desmontaje involuntario.

La segunda medida consiste que la salida de alterna de cada inversor contará con un interruptor diferencial de 300 mA de sensibilidad en la parte corriente alterna. Con el fin de que el interruptor diferencial esté protegido por el interruptor magnetotérmico, se deberán satisfacer la siguiente condición.

La protección diferencial se implementará mediante un relé diferencial de categoría A, con disparador shunt, protegido por fusibles.

La protección frente a contactos indirectos se llevará a cabo a través del sistema de puesta a tierra de la instalación que se describirá posteriormente.

#### **7.4.2.3 Separación galvánica**

Es un requisito de obligado cumplimiento para instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión, según RD 1663/2000, de 29 de septiembre.

En este caso, la separación entre los circuitos de corriente continua (generador fotovoltaico) y corriente alterna (red de baja tensión) queda acreditado por el fabricante del inversor.

#### **7.4.2.4 Funcionamiento en isla**

Según lo dispuesto en el artículo 8 del RD 1663/2000, se debe evitar el funcionamiento en modo isla del generador fotovoltaico, eliminando situaciones de riesgo para los operarios de la compañía distribuidora en caso de quedar la instalación fotovoltaica desconectada de la red de distribución con consumos asociados en el mismo punto. El inversor elegido asegura la desconexión de la red en este caso, evitando el funcionamiento en isla.

#### **7.4.2.5 Armónicos y compatibilidad electrónica**

El fabricante del inversor acredita mediante certificados el cumplimiento de los niveles de emisión e inmunidad frente a armónicos y de compatibilidad electromagnética de acuerdo con el RD 1663/2000.

#### **7.4.2.6 Puesta a tierra de la instalación**

Se hace especial hincapié en que se conecta la toma de tierra de la instalación a la toma de tierra general del edificio, ésta será medida una vez acabada la instalación para asegurarse de que se cumple correctamente el REBT, en su defecto se mejoraría hasta cumplir con éste.

El dimensionado de la puesta a tierra de la instalación fotovoltaica se ha realizado sin alterar las condiciones de puesta a tierra de la red de la empresa distribuidora, asegurando que no se produzcan transferencias de defectos a la red de distribución.

De acuerdo con lo dispuesto por el RD 1663/2000 y el REBT, la instalación fotovoltaica se conectará a la tierra existente de la instalación receptora, de modo que las masas de la instalación tendrán una tierra independiente de la del neutro de la empresa distribuidora.

En la parte de continua, el sistema será flotante, es decir se corresponde con un esquema IT. Los conductores activos están aislados de tierra. Los módulos fotovoltaicos se encuentran en términos eléctricos flotando, dado que ni el positivo ni el negativo se encuentran conectados a tierra. Esto permite un nivel de seguridad intrínseco, dado que se logra que las partes metálicas accesibles al personal estén libres de potencial eléctrico. Sin embargo, si se produce un defecto a tierra en algún punto del cableado esta protección se pierde. Es por ello que, en caso de derivación a tierra, los inversores detectan un fallo de aislamiento e interrumpen la producción de energía en alterna, dejando a los módulos fotovoltaicos en circuito abierto. Hasta que dicho fallo no se soluciona no se debe volver a generar.

Se conectarán a tierra todas las masas metálicas de la instalación, como pueden ser armarios, bandejas, estructuras soporte o inversores.

En el tramo de corriente alterna se seguirá un esquema TT, con las masas de los equipos eléctricos conectados a la tierra de la instalación receptora y protegidos por un dispositivo de protección unido al mismo conductor de protección de dicha instalación.

La resistencia de puesta a tierra máxima admisible se calcula a partir de la **[ec. 12]**, donde  $U_L$  equivale a 50 V en locales secos y 24 V en locales húmedos y  $I_n$  es la sensibilidad del dispositivo de protección diferencial.

**[ec. 12]** 
$$R_{adm} = \frac{U_L}{I_n}$$

En este caso, se asume un valor de resistencia de puesta a tierra máxima admisible de 80  $\Omega$ .

Así mismo, se asume que la resistencia a puesta a tierra de la instalación receptora es menor que la resistencia máxima admisible descrita anteriormente.

## **7.5 CÁLCULO DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA**

La energía producida por una instalación fotovoltaica está directamente ligada a las condiciones ambientales de irradiación solar y temperatura ambiente, así como del rendimiento de los elementos que la componen. También depende de la propia instalación como el diseño, calidad de los equipos y ejecución de la instalación.

Las condiciones ambientales no son predecibles por lo que se acude a las bases de datos meteorológicos ya existentes para tomar como referencia unas determinadas. Se han tomado los datos de radiación de la base de la Meteonorm 7.3.

La transformación de la energía solar en energía eléctrica mediante el efecto fotovoltaico se realiza con una eficiencia representada por el parámetro conocido como Performance Ratio (PR). El PR engloba una serie de pérdidas de energía, algunas de las cuales dependen del diseño de la instalación y los equipos que la forman, y otras están directamente relacionadas con las condiciones meteorológicas instantáneas del emplazamiento.

El rendimiento final de la instalación será una consecuencia del rendimiento particular de cada componente de esta. Dicho rendimiento depende de la calidad de los materiales, su comportamiento antes diferentes condiciones de operación y de factores externos como el polvo y suciedad. El factor denominado performance ratio (PR) se compone de los siguientes factores de pérdidas que a continuación se pasan a describir.

- Pérdidas por mismatch – acoplamiento: son pérdidas energéticas originadas por la conexión de módulos fotovoltaicos de características eléctricas ligeramente diferentes para formar un generador fotovoltaico. Este fenómeno cobra especial importancia en la asociación en serie de los módulos solares, siendo el de menor corriente de salida el limitante de la serie completa.
- Pérdidas por polvo y suciedad: Tienen su origen en la disminución de la capacidad generadora de un generador FV por la deposición de polvo y suciedad en la superficie de los módulos FV, que se traduce en una menor captación de energía solar.
- Pérdidas angulares y espectrales: La potencia de un módulo FV está referida a unas condiciones estándar de medida, que son de 1000 W/m<sup>2</sup> de irradiancia y 25°C de temperatura de célula, que implican una incidencia normal y un espectro estándar AM1.5G. No obstante en la operación habitual de un módulo FV ni la incidencia de la radiación es normal, ni el espectro es estándar durante todo el tiempo de operación.

- Pérdidas óhmicas en cableados DC y AC: En la parte de corriente continua (DC) y alterna (AC) se producen unas pérdidas energéticas originadas por las caídas de tensión en los conductores.
- Pérdidas por no cumplimiento de la potencia nominal: Los módulos FV obtenidos de un proceso de fabricación industrial no son todos idénticos. En general los fabricantes garantizan que la potencia de un módulo FV de potencia nominal  $P^*$ , está dentro de una banda que oscila entre  $P^* \pm 3\%$  y  $P^* \pm 5\%$ . Por ello es de esperar que una vez instalados los módulos la potencia real instalada no coincida con la suma de las potencias de catálogo de cada uno.
- Pérdidas por rendimiento del inversor: La transformación de la corriente continua generada por los módulos FV en corriente alterna tiene unas pérdidas asociadas propias de los procesos electrónicos.
- Pérdidas de seguimiento del punto de máxima potencia: El inversor fotovoltaico de conexión a red tiene un dispositivo electrónico de seguimiento del punto de máxima potencia del generador FV cuyos algoritmos de control pueden variar entre diferentes modelos y fabricantes. Un error en el seguimiento de este punto implica una pérdida de generación de energía.
- Pérdidas por sombreado del generador fotovoltaico: Por la propia disposición de los módulos solares en el emplazamiento, se producirán en determinados momentos del día sombras sobre los módulos FV que reducirán la generación de energía, del mismo modo que cualquier obstáculo presente en el entorno de la instalación.
- Pérdidas por temperatura: Los módulos FV presentan unas pérdidas de potencia si su temperatura es superior a la de condiciones estándar de medida. Al mismo tiempo la temperatura del módulo dependerá de la temperatura ambiente y la irradiación que reciba. La potencia nominal del módulo FV está medida a  $25^\circ\text{C}$  de temperatura de célula, en condiciones de operación la temperatura de célula suele ser superior a  $70^\circ\text{C}$ .
- Pérdidas por degradación de los módulos: Un factor a tener en cuenta el efecto de la degradación de los módulos solares derivado de la degradación irreversible que sufre el silicio durante su exposición a la irradiación solar.
- Pérdidas por disponibilidad de la instalación: Se entiende por disponibilidad como la probabilidad que tiene el sistema de estar en funcionamiento con total cumplimiento de sus prestaciones.
- Pérdidas por operación en condiciones: La potencia de los módulos solares varía en función de las condiciones de operación. Las condiciones estándar de operación o condiciones pico se definen con una irradiación solar de  $1.000 \text{ W/m}^2$  y una temperatura de la célula de  $25^\circ\text{C}$ . Estas condiciones no suelen darse tal cuales, y suelen suponer pérdidas de potencia que también hay que tener en cuenta en el cálculo de energía.

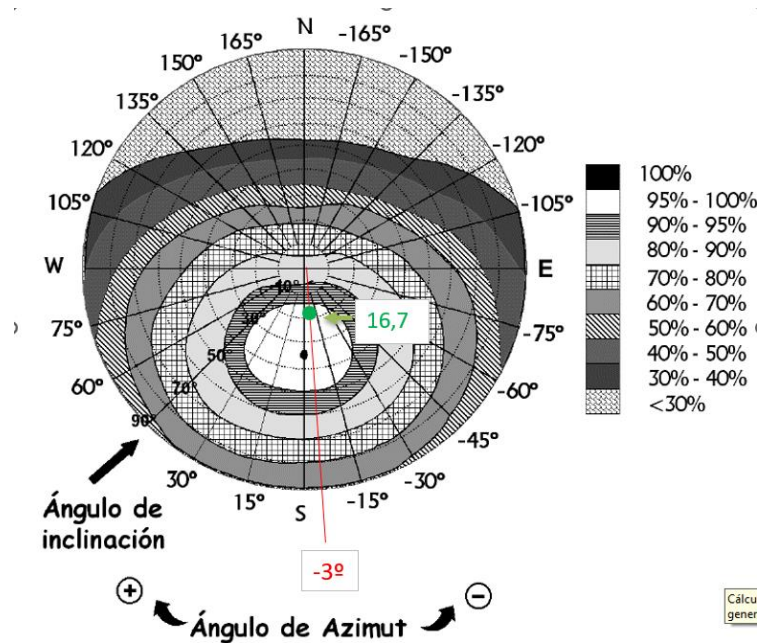


### 7.5.1 Irradiación solar.

En primer lugar vamos a obtener los valores de irradiación solar en el plano horizontal, que obtendremos a través del "2Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)" del Joint Research Centre \_ Institute for Energy and Transport (IET) de la Comisión Europea, en su página web: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>.

PVGIS nos proporciona los datos con la inclinación de  $17,6^\circ$  y una orientación al SE de  $-3^\circ$ , con lo que obtenemos una irradiación media anual en el plano horizontal de  $G_{dm}(16,7^\circ) = 1974.16 \text{ [kWh/m}^2\text{]}$ .

Para calcular las pérdidas por orientación e inclinación del generador distinta a la óptima utilizamos la siguiente figura:



Según la imagen tenemos unas pérdidas del 2%, con lo que tenemos un 98% de aprovechamiento de la irradiación.

### 7.5.2 Energía generada

Para poder determinar la producción anual de la instalación fotovoltaica que nos ocupa necesitaremos conocer los siguientes datos:

- Valores de irradiación solar en el plano correspondiente al generador fotovoltaico, es decir, en la localidad de Picaña (Valencia), orientación SE ( $\alpha = -3^\circ$ ) e inclinación de  $\beta = 16,7^\circ$ .

- La potencia nominal del generador fotovoltaico, de 100 kWn.
- Factor de rendimiento del sistema o Performance Ratio (PR), 85%.

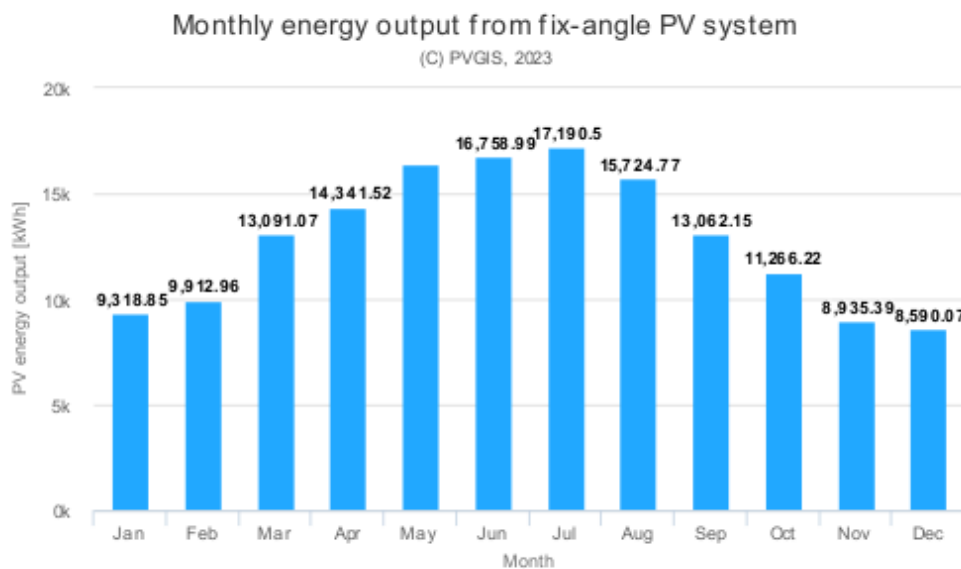
Así la energía producida anualmente por el sistema fotovoltaico vendrá determinada por la siguiente ecuación [ec. 13], con un resultado de **164,447 kWh/año** :

$$[ec. 13] \quad E_p = \frac{G_{dm}(\alpha, \beta) \cdot P_{mp} \cdot FS \cdot PR}{G_{CEM}}$$

Siendo:

- $G_{dm}(\alpha, \beta)$  = Valor medio anual de irradiación (kW/(m<sup>2</sup>.año)) = **1974.16**
- $P_{mp}$  = Potencia nominal, **100 kW**.
- $F_s$  = Factor de sombra y Orientación e inclinación, **0,98**.
- $P_r$  = Performance Ratio, rendimiento de la instalación (estimación por montajes similares), **0,85**.

Aquí podemos ver la producción anual distribuida mensualmente, apreciando que los meses centrales del año se producirá significativamente más energía, llegando casi a doblar la energía producida los meses de noviembre y diciembre.



## **7.6 FIJACIÓN DE LA ESTRUCTURA A LA CUBIERTA Y CARGAS**

### **7.6.1 Cálculo de carga distribuida sobre la cubierta**

La cubierta de la nave industrial donde se instalarán los módulos fotovoltaicos está formada por panel aislado tipo sándwich. Los módulos se dispondrán en estructura coplanar a la cubierta, la cual tiene 15° de inclinación.

Los módulos fotovoltaicos del fabricante seleccionado tienen una superficie de 2,1736 m<sup>2</sup> y un peso aproximado de 23,5 kg, lo que representa una carga de 10,312 kg/m<sup>2</sup>, es decir, 0,106 kN/m<sup>2</sup>. Puesto que se instalarán coplanares a la cubierta, los paneles no se verán afectados por la fuerza del viento, sobrecargando la cubierta únicamente con la acción de su peso.

Según el Documento Básico SE-AE del CTE, Tabla 3-1, la sobrecarga que puede soportar una cubierta accesible únicamente para conservación y con inclinación inferior a 20° es de 1 kN/m<sup>2</sup> en carga uniforme, por lo que se concluye que la cubierta de la nave industrial objeto del presente Proyecto podrá soportar los módulos fotovoltaicos, no afectando su instalación negativamente a la estructura existente.

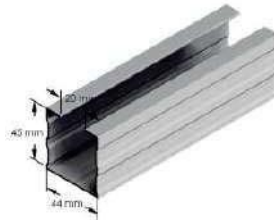
La instalación de la estructura se tendrá que realizar teniendo en cuenta la facilidad de montaje y desmontaje para posibles sustituciones de elementos. El anclaje se realizará directo a la capa sándwich metálica, en el lateral de la greca, asegurando estanqueidad entre módulos según lo establecido en el CTE.

El soporte elegido para la instalación es del fabricante Sunfer, modelo KHE915, soporte coplanar microrail fijación a chapa metálica para módulos en vertical. Esta estructura permite el montaje de módulos de todos los tamaños y hasta 45 mm de espesor.

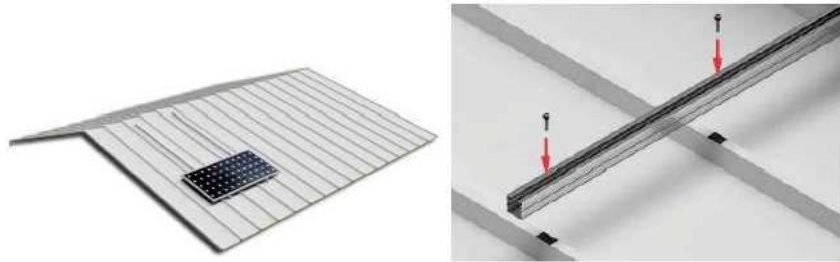
Se instalarán un total de 47 estructuras soporte coplanares a la cubierta, agrupando los módulos según la distribución mostrada en el apartado anterior, con el objetivo de poder generar ahorro tanto económico como de materiales en la instalación. Las unidades de cada tipo de estructura requeridas se detallan en la tabla adjunta.

### 7.6.2 Fijación de las estructuras a la cubierta

Las estructuras soporte de los módulos FV están formadas por un perfil en U (perfil G3).

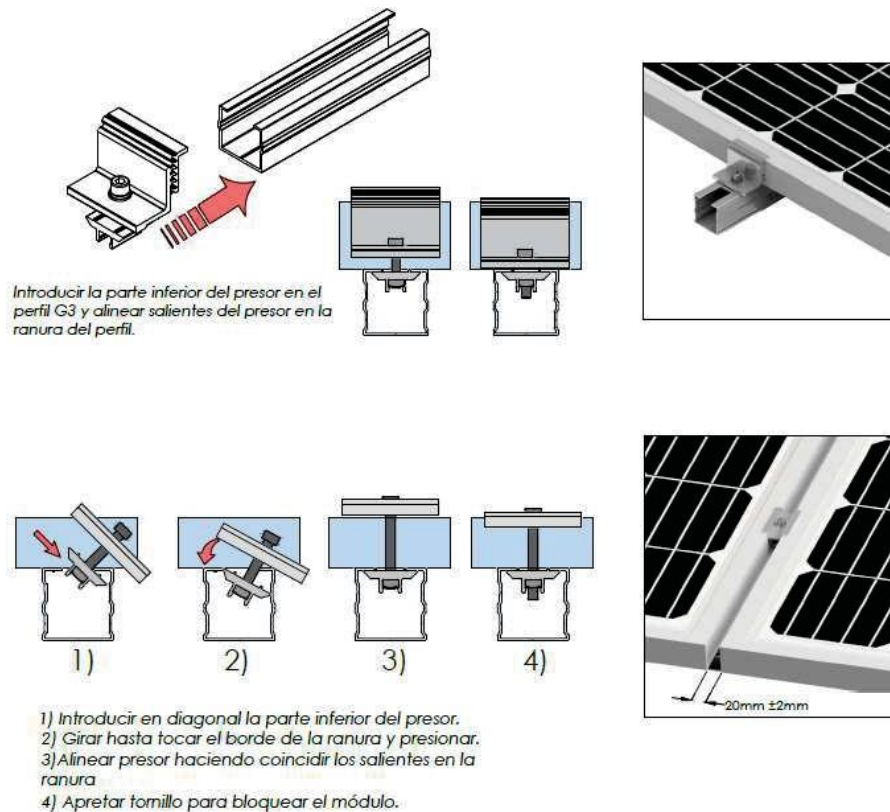


Este perfil se ancla a los perfiles o guías estructurales existentes debajo de las greca de la cubierta mediante tornillería:



Como se ha comentado, para reforzar la fijación de los perfiles se anclará directamente a las correas portantes en al menos 3 puntos cada perfil: en los extremos y en el medio. En caso de ser necesario, se valorará el anclaje en tantos puntos sea necesario.

Una vez se han anclado los perfiles a través de las greca de la cubierta se colocan los módulos sobre los perfiles y se introducen los presores finales e intermedios (según corresponda) por la parte libre superior del perfil, quedando los módulos fijados al perfil a través de estos presores:



La disposición de los módulos fotovoltaicos y su anclaje a través de las greclas a las guías y correas ha sido verificada por el fabricante de las estructuras, con lo que de esta manera se puede afirmar que el diseño realizado es compatible con las características y propiedades de los elementos instalados. El propio fabricante ha realizado una distribución de perfiles y componentes teniendo en cuenta los planos suministrados, la cual se puede encontrar en los anexos al proyecto.

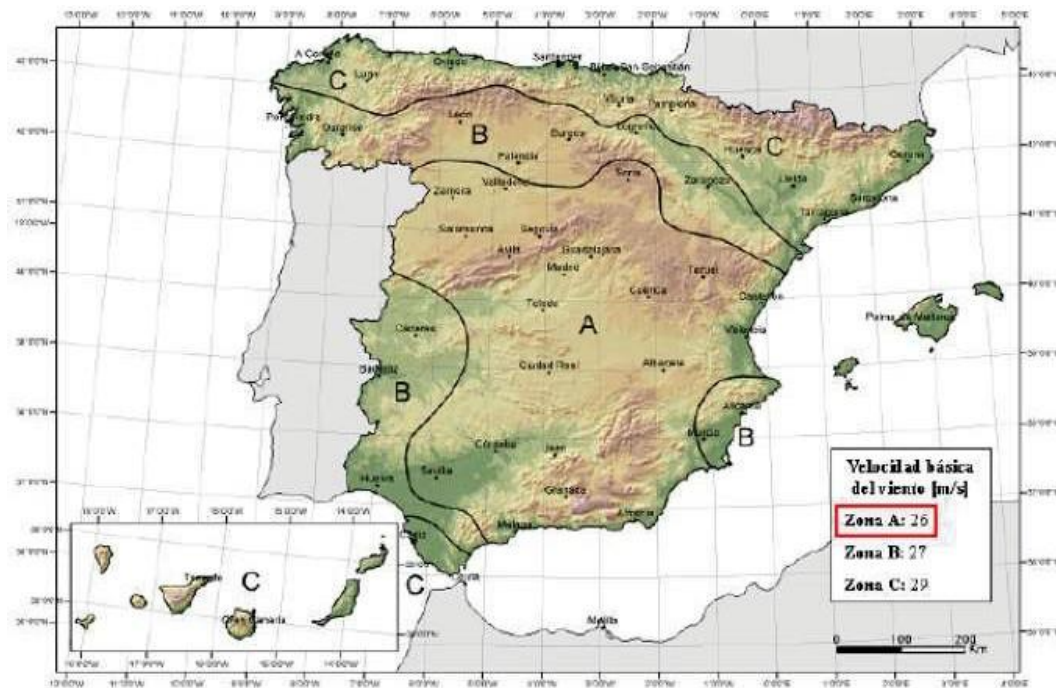
Las condiciones climatológicas que presupone el fabricante Sunfer Estructuras S.L. para el diseño de sus componentes es para una velocidad del viento de 120 km/h.

### 7.6.3 Acción del viento sobre la cubierta

Una vez el fabricante ha indicado cuál es la velocidad máxima para la cual se ha realizado el diseño de los componentes se debe verificar cuál es la velocidad máxima esperada que van a soportar los módulos fotovoltaicos y el sistema en conjunto.

Para ello se acude al Código Técnico de la Edificación, en concreto al Documento Básico SE-AE (Seguridad Estructural – Acciones en la edificación).

Según la zona geográfica se obtiene un valor de Velocidad básica del viento (m/s):



Para la zona que nos ocupa se trataría de 26 m/s (93,6 km/h). Dado que el periodo de retorno para el que se calcula la instalación es de 25 años, se realiza una corrección aplicando un coeficiente interpolado de 0,958:

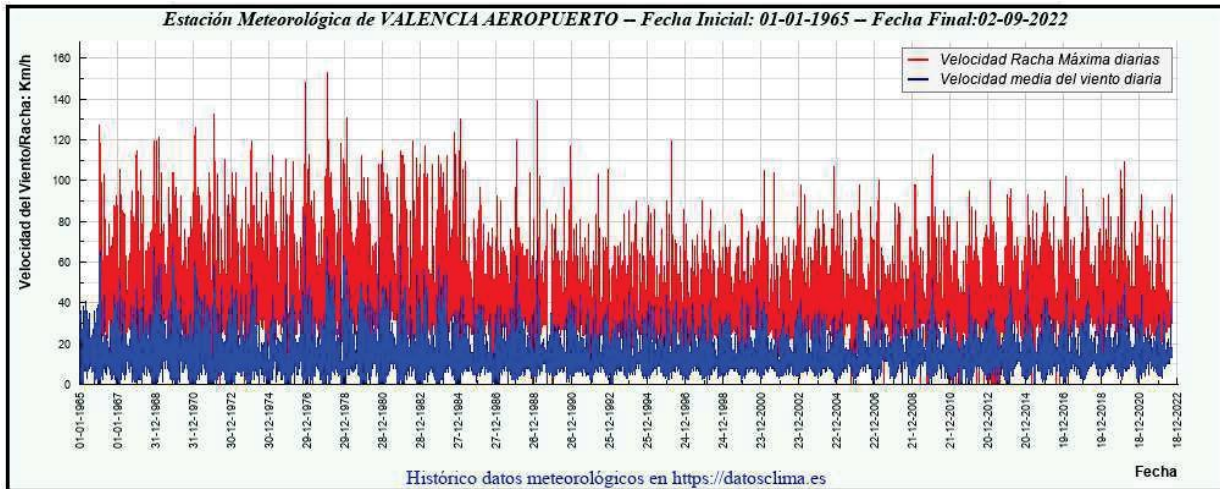
**Tabla D.1 Corrección de la velocidad básica en función del periodo de servicio**

Periodo de retorno (años)	1	2	5	10	20	50	200
Coefficiente corrector	0,41	0,78	0,85	0,90	0,95	1,00	1,08

Quedando una velocidad corregida de 24,9 m/s (89,7 km/h). De esta manera se valida el cálculo de viento realizado por el fabricante de estructuras.

Si se utiliza la fuente de datos de AEMET para la Estación meteorológica de VALENCIA AEROPUERTO para tomar otra idea de los valores máximos registrados desde que se tiene constancia (año 1965) se obtiene la siguiente gráfica:





En color rojo se puede ver la velocidad de las rachas máximas diarias.

Se puede observar cómo los valores de estas rachas máximas están en torno a 90 km/h, muy próximo al cálculo realizado con el CTE, llegando a 100-110 km/h en 10 ocasiones en los últimos 25 años. La última vez que se registró un valor superior a 120 km/h fue en 1988.

Si se utilizan los datos de la estación de AEMET en Picaña, con datos desde 2016, se ve que la mayor racha es de 100 km/h en marzo de 2020.

La colocación de forma coplanar de los módulos fotovoltaicos permite protegerlos en gran medida de las acciones del viento, pues en ningún caso se encuentran expuestos directamente al mismo. Las fuerzas del viento realizan la misma presión sobre los paneles que la que se realizaría sobre la propia cubierta, no existiendo espacio libre detrás de los módulos que pueda generar un momento de vuelco.

La instalación de manera coplanar, además, favorece las fuerzas de anclaje de la estructura a las correas y perfiles de la cubierta, con lo que el efecto más dañino que podría efectuar se centra en el movimiento, deslizamiento, etc. de piezas tales como presores, que fijan los módulos al perfil de la estructura.

## **8. PLIEGO DE CONDICIONES**

### **8.2 PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES**

El objeto del presente proyecto es establecer las condiciones técnicas necesarias para la ejecución de una instalación fotovoltaica en modalidad de AUTOCONSUMO SIN EXCEDENTES. Dicha instalación incluye los siguientes cometidos:

- I. Trámites oportunos que precisa una instalación fotovoltaica de conexión a red para poder ejecutar las obras, inyectar la electricidad producida a la red de distribución de baja tensión y percibir los ingresos correspondientes por la venta de la energía generada.
- II. Instalación fotovoltaica propiamente dicha, incluyendo:
  - Ingeniería y dirección de obra.
  - Acopio y aprovisionamiento de materiales.
  - Transporte y carga/descarga de materiales.
  - Montaje y conexión del conjunto.
  - Pruebas y puesta en marcha de la instalación.

El servicio se realizará en la modalidad llave en mano estando incluidos, por lo tanto, la totalidad de obras y elementos necesarios para el correcto funcionamiento de la instalación, aunque no estén expresamente detallados en este proyecto. La instalación se realizará cumpliendo toda la normativa que afecte a instalaciones solares fotovoltaicas, y todos sus componentes deberán haber sido debidamente homologados por los organismos competentes.

### **8.3 ESPECIFICACIONES DE EQUIPOS, MATERIALES Y EJECUCIÓN**

A continuación, se describen las especificaciones técnicas de los materiales y equipos principales que componen la instalación. En la ejecución de la instalación se admitirá la modificación de alguno de estos materiales o equipos por otros de características similares, siempre que no afecte al correcto funcionamiento de la instalación fotovoltaica ni suponga un decremento en la producción anual de electricidad.



En general, el almacenaje se realizará en lugar protegido de lluvias, focos de humedad e impactos. No estará en contacto directo con el suelo. Al finalizar la ejecución se realizará retirada de obra de todo el material sobrante y limpieza de las zonas ocupadas, con transporte de todos los desechos a vertedero, tal y como se indicará en el Plan de Gestión de Residuos de construcción y demolición aportado por el Contratista.

### **8.3.1 Sistemas generadores fotovoltaicos**

Todos los módulos de silicio cristalino deberán satisfacer las especificaciones UNE-EN 61215, así como estar cualificados por algún laboratorio reconocido, lo que se acreditará mediante la presentación del certificado oficial correspondiente.

El módulo llevará de forma claramente visible en indeleble el modelo y nombre o logotipo del fabricante, así como una identificación individual o número de serie trazable a la fecha de fabricación.

Los módulos deberán llevar los diodos de derivación para evitar posibles averías de las células y sus circuitos por sombreados parciales y tendrán un grado de protección IP65.

Los marcos laterales serán de aluminio o acero inoxidable. La potencia máxima y corriente de cortocircuito reales referidas a condiciones estándar deberán estar comprendidas en el margen del  $\pm 10\%$  de los correspondientes valores nominales de catálogo.

La estructura del generador y el marco de los módulos se conectarán a tierra.

Por motivos de seguridad y para facilitar el mantenimiento y reparación del generador, se instalarán los elementos necesarios para la desconexión, de forma independiente y en ambos terminales, de cada una de las ramas del resto del generador.

### **8.3.2 Estructura soporte**

El diseño de la estructura se realizará para conseguir la orientación y el ángulo de inclinación óptimos para el generador fotovoltaico, teniendo en cuenta la facilidad de montaje y desmontaje y la posible necesidad de sustituciones de elementos.

Los puntos de sujeción para el módulo fotovoltaico serán suficientes en número, teniendo en cuenta el área de apoyo y posición relativa, de forma que no se

produzcan flexiones en los módulos superiores a las permitidas por el fabricante y los métodos homologados para el modelo de módulo.

La tornillería empleada para la sujeción de los módulos fotovoltaicos será de acero inoxidable, cumpliendo la norma DB-SE-A8.5.

Los topes de sujeción de los módulos a la propia estructura no arrojarán sombra sobre los módulos.

Se dispondrán las estructuras soporte necesarias para montar los módulos sobre la cubierta sin superar el límite de sombras indicado en el punto 4.1.2. del Pliego de Condiciones del IDAE.

La estructura soporte será calculada de acuerdo al CTE para soportar cargas extremas debidas a factores climatológicos adversos, tales como viento, nieve, etc.

La estructura se protegerá superficialmente contra la acción de los agentes ambientales.

En la recepción se comprobará que las estructuras tienen un aspecto uniforme y no presentarán grietas, defectos superficiales, ni desprendimientos en el recubrimiento y que las aristas carecen de melladuras.

### **8.3.3 Inversor**

Será del tipo adecuado para la conexión a red eléctrica, con una potencia de entrada variable para que sea capaz de extraer en todo momento la máxima potencia que el generador fotovoltaico puede proporcionar a lo largo de cada día.

Las características básicas del inversor serán las siguientes:

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

El inversor cumplirá con las directivas comunitarias de seguridad Eléctrica y Compatibilidad Electromagnética, incorporando protecciones frente a:

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

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

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

Las características eléctricas del inversor serán las siguientes:

El inversor seguirá entregando potencia a la red de forma continuada en condiciones de irradiancia solar un 10% superior a las CEM. Además, soportará picos de magnitud un 30% superior a las CEM durante periodos de hasta 10 segundos.

Los valores de eficiencia al 25% y 100% de la potencia de salida nominal deberán ser superiores al 85% y 88% respectivamente (valores medidos incluyendo el transformador de salida, si lo hubiere) para inversores de potencia inferior a 5 kW, y del 90% al 92% para inversores mayores de 5 kW.

El autoconsumo del inversor en modo nocturno ha de ser inferior al 0.5% de su potencia nominal.

El factor de potencia generada deberá ser superior a 0,95 entre el 25% y el 100% de su potencia nominal.

A partir de potencias mayores del 10% de su potencia nominal, el inversor deberá inyectar en red.

El inversor tendrá un grado de protección mínima IP20 para colocación en el interior de naves y lugares inaccesibles, IP30 para colocación en el interior de naves y lugares accesibles, y de IP65 para instalación a la intemperie.

El inversor estará garantizado para operación en las siguientes condiciones ambientales: entre 0° y 40° C de temperatura y entre 0% y 85% de humedad relativa.

#### **8.3.4 Cableado**

Los positivos y negativos de cada grupo de módulos se conducirán separados y protegidos de acuerdo a la normativa vigente.

Los conductores serán de cobre y tendrán la sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos. Concretamente, para cualquier condición de trabajo, los conductores de la parte de CC deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior del 1,5% y los de la parte CA para que la caída de tensión sea inferior del 1,5%, teniendo respectivamente como referencia las tensiones en condiciones STC y nominales.

Se incluirá toda la longitud de cable CC y CA. Deberá tener la longitud necesaria para no generar esfuerzos en los diversos elementos ni posibilidad de enganche por el tránsito normal de personas.

Todo el cableado de continua será de doble aislamiento y adecuado para su uso en intemperie, al aire o enterrado, de acuerdo con la norma UNE 21123.

Por instrucción de la Dirección General de Industria, en la que se indica que las canalizaciones en fotovoltaica al considerarse "locales mojados" por estar a la intemperie (Instrucción ITC-BT 30 punto 2), deben cumplir el punto 2.1 de esta ITC, relativo a las canalizaciones, debiendo ser éstas estancas. Este punto prevé la posibilidad de instalación de los conductores y cables aislados en el interior de tubos (punto 2.1.1) o en el interior de canales aislantes (punto 2.1.2). No se prevé la posibilidad de utilizar canales que no sean aislantes.

##### **8.3.4.1 Línea de baja tensión de Corriente Contínua**

Son las líneas trazadas desde las placas de módulos fotovoltaicos hasta su conexión con el inversor de corriente. Su protección se realizará por medio de fusibles con percutor de señalización de fusión, según indica esquema 2.8. Los estados de fusión de los fusibles serán monitorizados por el Sistema de Control Distribuido con objeto de optimizar el mantenimiento de las plantas.

El trazado de estas discurre a través de canal refrigerado de instalación al aire, por lo cual sus características térmicas serán calculadas de acuerdo al REBT para instalación exterior.

La conexión entre placas se realiza en circuitos serie y paralelo según se define en el capítulo de cálculos justificativos, para adecuar las características de salida de los módulos fotovoltaicos a las necesidades propias de la entrada de corriente continua de los inversores, así pues, será necesaria la conexión de instalaciones en cajas de centralización especialmente descritas a tal efecto.

El conexionado de las mismas se realizará, según proceda:

Conexionado entre placas se realizará mediante los conectores rápidos incluidos en las placas.

Conexionado colector de placas. Se realizará de acuerdo a plano 2.8 en el interior de cajas de centralización.

Conexionado colector de placas con armarios de inversores se realizará en el interior de los armarios.

El cable utilizado será: DN 0,6/1 kV XX mm<sup>2</sup> K Cu o similar. Características:

- Designación genérica: .....DN 0,6/1 (2xS) mm<sup>2</sup> K Cu UNE 21123 o similar.
- N.º de conductores:.....1 ó 2.
- Secciones: .....de 4 a 25 mm<sup>2</sup>.
- Clase de conductor:.....2 ó 5, de Cu s/UNE 21-022.
- Aislamiento tipo D:.....Etileno-Propileno, s/UNE 21-123.
- Cubierta de tipo N:.....Policloropreno del tipo SE1, s/UNE 21-123.
- Color del aislamiento.....Rojo y negro.
- Color de la cubierta.....cubierta Negro.

- Norma básica:.....UNE 21-123 (Aislamiento seco).

Normas de ensayo:

- No propagación de la llama: .....UNE EN 50265-2- 1; IEC 60332-1; NFC 32070-C2.
- Tensión nominal:.....U<sub>0</sub>/U = 0,6/1 kV.
- Tensión de ensayo:.....3,5 kV 5 minutos, s/UNE 21-123, secc. 3.
- Temp. máxima de servicio:.....90°C en el conductor.
- Temp. máxima de cortocircuito:.....250°C en el conductor.
- Temp. mínima para el tendido:.....10°C. en el conductor.

#### **8.3.4.2 Líneas de baja tensión de Corriente Alterna**

Son las líneas trazadas desde el inversor de corriente hasta el embarrado general, sus longitudes son extremadamente reducidas y se realizan en el interior de la envolvente de los cuadros de protección. La protección se realizará por medio de interruptores automáticos magnetotérmicos.

El cable utilizado será: RV 0,6/1 kV 3x (1xXX) mm<sup>2</sup> K Cu o similar. Características:

- N.º de conductores: .....3, 3,5 y 4.
- Secciones: .....desde 6 a 240 mm<sup>2</sup>.
- Clase de conductor: .....1 ó 2, de Cu s/UNE 21-022.
- Aislamiento tipo R: .....XLPE, tipo DIX3 según HD 603-1.
- Cubierta de tipo V: ..... PVC, tipo DMV-18 según HD 603-1.
- Color del aislamiento:.....Amarillo/Verde, azul, gris, marrón y negro.
- Color de la cubierta:.....Negro.
- Norma básica: ..... UNE21-123 (Aislamiento seco).

Normas de ensayo:

- No propagación de la llama:.....UNE EN 50265-2-1; IEC 60332-1; NFC 32070-C2.
- No propagación de incendio: .....UNE EN 50266-2-2-4; IEC 60332-3.

- Emisión de halógenos: .....UNE EN 50267-2- 1; IEC 60754-1;  
Emisión CIH<14%.
- Tensión nominal:.....Uo/U = 0,6/1 kV.
- Tensión de ensayo:.....3,5 kV 5 minutos,s/UNE 21-123, secc. 3.
- Temp. máxima de servicio:.....90°C en el conductor.
- Temp. máxima de cortocircuito:.....250°C en el conductor.
- Temp. mínima para el tendido:.....10°C.

### **8.3.5 Protecciones**

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el RD 1663/2000 (artículo11) sobre protecciones en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión y con el esquema unificar que aparece en la Resolución de 31 de mayo de 2001.

El CTE, en el documento técnico HE5, en el apartado 3.2.3.3, establece que la parte de corriente continua de la instalación tendrá un grado de protección Clase II o aislamiento equivalente cuando se trate de emplazamiento accesible. Los materiales situados en la intemperie tendrán al menos un grado de protección IP65.

En conexiones a la red trifásicas las protecciones para la interconexión de máxima y mínima frecuencia y de máxima y mínima tensión serán para cada fase.

### **8.3.6 Canalizaciones**

Las canalizaciones realizadas en la superficie se ejecutarán con bandejas perforadas, de manera que se permita la ventilación y refrigeración del cableado, facilitando a su vez el futuro mantenimiento de las líneas.

El radio de curvatura después de colocado el cable será como mínimo, 15 veces el diámetro.

Los radios de curvatura en operaciones de tendido serán superiores a 20 veces su diámetro.

Los cruces de calzadas serán perpendiculares al eje de la calzada o vial, procurando evitarlos, si es posible sin perjuicio del estudio económico de la instalación en proyecto, y si el terreno lo permite.

La canalización de corriente continua distribuirá los polos positivo y negativo de manera que, siempre que sea posible, discurrirán por bandejas diferentes.

### **8.3.7 Armónicos y compatibilidad electromagnética**

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el RD 1663/2000 (artículo 13) sobre armónicos y compatibilidad electromagnética en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

### **8.3.8 Puesta a tierra**

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

Cuando el aislamiento galvánico entre la red de distribución de baja tensión y el generador fotovoltaico no se realice mediante un transformador de aislamiento, se justificarán los elementos utilizados para garantizar esta condición.

Todas las masas de la instalación fotovoltaica, tanto de la sección continua como de la alterna, estarán conectados a una única tierra. Esta tierra será independiente de la del neutro de la empresa distribuidora, de acuerdo con el Reglamento de Baja Tensión.

## **8.4 CERTIFICADOS Y DOCUMENTACIÓN**

La instalación deberá ser ejecutada por una Empresa instaladora eléctrica autorizada y con las debidas acreditaciones.

Se aportará, para la tramitación de este proyecto ante los organismos públicos, la documentación siguiente:

- Autorización Administrativa.
- Proyecto, suscrito por técnico competente.
- Certificado de tensiones de paso y contacto, por parte de empresa homologada.
- Certificado de Dirección de Obra.
- Escrito de conformidad por parte de la Compañía Eléctrica suministradora.



## **8.5 CONDICIONES FACULTATIVAS**

### **8.5.1 Dirección de las obras**

La propiedad nombrará en su representación a un Técnico competente, que estará encargado directamente de la dirección, control y vigilancia de las obras de este proyecto.

Una vez adjudicadas definitivamente las obras, el Contratista designará un técnico con titulación, al menos de Ingeniero Técnico, que asumirá la dirección de los trabajos que se ejecuten y que actuará como representante suyo ante la propiedad a todos los efectos que se requieran durante la ejecución de las obras.

El Contratista, por sí o por medio de su representante, acompañará a la Dirección de Obra, en las visitas que ésta haga a las obras, siempre que así le fuese solicitado.

Estas obras deberán quedar totalmente terminadas por el contratista por el precio de la contrata en disposición de recibir tensión. Se ejecutarán con arreglo al presente proyecto, declarando el contratista, por el hecho de firmar el correspondiente contrato, que se halla al corriente del mismo y acepta todas las condiciones impuestas en el siguiente pliego y que conoce la importancia y extensión de las obras.

Quedan comprendidos también en la contrata todos los trabajos auxiliares y aún aquellos que ni figurando en forma expresa y concreta en los documentos del presente proyecto sean necesarios para la total ejecución de las obras y que se estimen como tales por el director de la obra.

Durante el transcurso de la obra podrá el contratista sugerir cuantas variaciones y modificaciones estime se podrían introducir que, sin alterar lo esencial del proyecto, pudieran mejorar la obra o reducir sus costes, las que llevará a cabo únicamente en el caso de que sean aprobadas por escrito por el Director de la Obra.

COMIENZO: El contratista dará comienzo la obra en el plazo que figure en el contrato establecido con la Propiedad.

El Contratista está obligado a notificar por escrito o personalmente en forma directa al Técnico Director la fecha de comienzo de los trabajos.

**PLAZO DE EJECUCIÓN:** La obra se ejecutará en el plazo que se estipule en el contrato suscrito con la Propiedad a menos que se acuerden otros plazos de común acuerdo a lo largo del proyecto.

Cuando el Contratista, de acuerdo, con alguno de los extremos contenidos en el presente Pliego de Condiciones, o bien en el contrato establecido con la Propiedad, solicite una inspección para poder realizar algún trabajo ulterior que esté condicionado por la misma, vendrá obligado a tener preparada para dicha inspección, una cantidad de obra que corresponda a un ritmo normal de trabajo.

Cuando el ritmo de trabajo establecido por el Contratista, no sea el normal, o bien a petición de una de las partes, se podrá convenir una programación de inspecciones obligatorias de acuerdo con el plan de obra.

### **8.5.2 Libro de órdenes**

El Contratista dispondrá en la obra de un Libro de Órdenes en el que se escribirán las que el Técnico Director estime darle a través del encargado o persona responsable, sin perjuicio de las que le dé por oficio cuando lo crea necesario y que tendrá la obligación de firmar el enterado.

## **8.6 CONDICIONES ECÓNOMICAS Y LEGALES**

### **8.6.1 Abono de la obra**

En el contrato se deberá fijar detalladamente la forma y plazos que se abonarán las obras.

Las liquidaciones parciales que puedan establecerse tendrán carácter de documentos provisionales a buena cuenta, sujetos a las certificaciones que resulten de la liquidación final. No suponiendo, dichas liquidaciones, aprobación ni recepción de las obras que comprenden.

Terminadas las obras se procederá a la liquidación final que se efectuará de acuerdo con los criterios establecidos en el contrato.

### **8.6.2 Precios**

El contratista presentará, al formalizarse el contrato, relación de los precios de las unidades de obra que integran el proyecto, los cuales de ser aceptados tendrán valor contractual y se aplicarán a las posibles variaciones que pueda haber.

Estos precios unitarios, se entiende que comprenden la ejecución total de la unidad de obra, incluyendo todos los trabajos aún los complementarios y los materiales, así como la parte proporcional de imposición fiscal, las cargas laborales y otros gastos repercutibles.

En caso de tener que realizarse unidades de obra no previstas en el proyecto, se fijará su precio entre el Técnico Director y el Contratista antes de iniciar la obra y se presentará a la propiedad para su aceptación o no.

### **8.6.3 Revisión de precios**

En el contrato se establecerá si el contratista tiene derecho a revisión de precios y la fórmula a aplicar para calcularla. En defecto de esta última, se aplicará a juicio del Técnico Director alguno de los criterios oficiales aceptados.

### **8.6.4 Contrato**

El contrato se formalizará mediante documento privado, que podrá elevarse a escritura pública a petición de cualquiera de las partes. Comprenderá la adquisición de todos los materiales, transporte, mano de obra, medios auxiliares para la ejecución de la obra proyectada en el plazo estipulado, así como la reconstrucción de las unidades defectuosas, la realización de las obras complementarias y las derivadas de las modificaciones que se introduzcan durante la ejecución, éstas últimas en los términos previstos.

La totalidad de los documentos que componen el Proyecto de la obra serán incorporados al contrato y tanto el contratista como la Propiedad deberán firmarlos en testimonio de que los conocen y aceptan.

### **8.6.5 Responsabilidades**

El Contratista es el responsable de la ejecución de las obras en las condiciones establecidas en el proyecto y en el contrato. Como consecuencia de ello vendrá obligado a la demolición de lo mal ejecutado y a su reconstrucción correctamente sin que sirva de excusa el que el Técnico Director haya examinado y reconocido las obras.

El contratista es el único responsable de todas las contravenciones que él o su personal cometan durante la ejecución de las obras u operaciones relacionadas con las mismas.

También es responsable de los accidentes o daños que por errores, inexperiencia o empleo de métodos inadecuados se produzcan a la propiedad a los vecinos o terceros en general.

El Contratista es el único responsable del incumplimiento de las disposiciones vigentes en la materia laboral respecto de su personal y por tanto los accidentes que puedan sobrevenir y de los derechos que puedan derivarse de ellos.

#### **8.6.6 Recepción de las obras y garantías**

RECEPCIÓN PROVISIONAL: Una vez terminadas las obras, tendrá lugar la recepción provisional y para ello se practicará en ellas un detenido reconocimiento por el Técnico Director y la Propiedad en presencia del Contratista, levantando acta y empezando a correr desde ese día el plazo de garantía si se hallan en estado de ser admitida.

De no ser admitida se hará constar en el acta y se darán instrucciones al Contratista para subsanar los defectos observados, fijándose un plazo para ello, expirando el cual se procederá a un nuevo reconocimiento a fin de proceder a la recepción provisional.

PLAZO DE GARANTÍA: El plazo de garantía será como mínimo de un año, contado desde la fecha de la recepción provisional, o bien el que se establezca en el contrato también contado desde la misma fecha. Durante este período queda a cargo del Contratista la conservación de las obras y arreglo de los desperfectos causados por asiento de las mismas o por mala construcción.

RECEPCIÓN DEFINITIVA: Se realizará después de transcurrido el plazo de garantía de igual forma que la provisional. A partir de esta fecha cesará la obligación del Contratista de conservar y reparar a su cargo las obras si bien subsistirán las responsabilidades que pudiera tener por defectos ocultos y deficiencias de causa dudosa.

## **9. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD**

### **9.1 INTRODUCCIÓN**

#### **9.1.1 Objeto del estudio básico de seguridad y salud**

Este Estudio de Seguridad y Salud, establece las previsiones respecto a prevención de riesgo de accidentes y enfermedades profesionales, así como los derivados de los trabajos de reparación, conservación y mantenimiento, y las instalaciones preceptivas de higiene y bienestar de los trabajadores, durante la construcción de la Obra.

Servirá para dar unas directrices básicas a la empresa constructora bajo el control de la Dirección Facultativa, de acuerdo con el Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre, por el que se implanta la obligatoriedad de la inclusión de un Estudio Básico de Seguridad y Salud en el Trabajo, en los Proyectos de Edificaciones, para llevar a cabo sus obligaciones en el campo de la prevención de riesgos profesionales, que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias, los riesgos laborales que no pueden eliminarse conforme a lo señalado anteriormente especificar las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir riesgos valorando su eficacia, en especial cuando se propongan medidas alternativas y las previsiones e informaciones útiles para efectuar en su día y en las debidas condiciones los previsibles trabajos posteriores.

#### **9.1.2 Justificación del estudio básico de seguridad y salud**

El Real Decreto 1627/1.997 de 24 de Octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de construcción, establece en el apartado 2 del Artículo 4 que en los proyectos de obra no incluidos en los supuestos previstos en el apartado 1 del mismo Artículo, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un Estudio Básico de Seguridad y Salud.

Por lo tanto, hay que comprobar que se dan todos los supuestos siguientes: El Presupuesto de Ejecución por Contrata (PEC) es inferior a 450.759,08 €.

$PEC = PEM + GASTOS GENERALES + BENEFICIO INDUSTRIAL + 16\% IVA = 289.287€$   
(NO entran los módulos, ni los inversores).

La duración estimada de la obra no es superior a 30 días o no se emplea ningún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.

**Plazo de ejecución previsto = 25 días.**

Nº de trabajadores previsto que trabajen simultáneamente = 3 trabajadores.

*ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA AUTOCONSUMO SIN VERTIDO A RED DE 100 KW DE POTENCIA NOMINAL SOBRE LA CUBIERTA DE UNA INDUSTRIA SITA EN TÉRMINO MUNICIPAL DE PICAÑA, PROVINCIA DE VALENCIA.*

El volumen de mano de obra estimada es inferior a 500 trabajadores día (suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra).

Número de trabajadores día = 5.

Este número se puede estimar con la siguiente expresión:  $PEM \times MO \times CM$  PEM – Presupuesto de Ejecución Material.

MO – Influencia del coste de la mano de obra en el PEM en tanto por uno (varía entre 0,4 y 0,5).

CM = Coste medio diario del trabajador de la construcción (varía entre 60 y 90 €). No es una obra de túneles, galerías, conducciones subterráneas o presas.

Como no se da ninguno de los supuestos previstos en el apartado 1 del Artículo 4 del R.D. 1627/1.997, el Estudio Básico deberá precisar:

- Las normas de seguridad y salud aplicables en la obra.
- La identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias.
- Relación de los riesgos laborales que no pueden eliminarse conforme a 10 señalado anteriormente especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir riesgos valorando su eficacia, en especial cuando se propongan medidas alternativas (en su caso, se tendrá en cuenta cualquier tipo de actividad que se lleve a cabo en la misma y contendrá medidas específicas relativas a los trabajos incluidos en uno o varios de los apartados del Anexo II del Real Decreto).
- Previsiones e informaciones útiles para efectuaren su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores.

### **9.1.3 Datos del proyecto de obra.**

Tipo de Obra: PROYECTO DE INSTALACIÓN DE SOLAR FOTOVOLTAICA EN CUBIERTA DE INDUSTRIA DE 100kW.

Situación: Picaña, Valencia.

Promotor: Universidad Politécnica de Valencia.

Proyectista: Pablo Vergara Alcaide.

Director de obra:

Coordinador de Seguridad y Salud en fase de proyecto:

*ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA AUTOCONSUMO SIN VERTIDO A RED DE 100 KW DE POTENCIA NOMINAL SOBRE LA CUBIERTA DE UNA INDUSTRIA SITA EN TÉRMINO MUNICIPAL DE PICAÑA, PROVINCIA DE VALENCIA.*

## **9.2 NORMAS DE SEGURIDAD APLICABLES EN LA OBRA.**

Ley 31/1.995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.

Real Decreto 485/1.997 de 14 de abril, sobre Señalización de Seguridad en el trabajo. Real Decreto 485/1.997 de 14 de abril, sobre Seguridad y Salud en los lugares de trabajo. Real Decreto 487/1.997 de 14 de abril, sobre Manipulación de cargas.

Real Decreto 773/1.997 de 30 de mayo, sobre Utilización de Equipos de Protección Individual.

Real Decreto 39/1.997 de 17 de enero, Reglamento de los Servicios de Prevención. Real Decreto 1215/1.997 de 18 de julio, sobre Utilización de Equipos de Trabajo.

Real Decreto 1627/1.997 de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

Estatuto de los Trabajadores (Ley 8/1.980, Ley 32/1.984, Ley 11/1.994).

Ordenanza de Trabajo de la Construcción, Vidrio y Cerámica (O.M. 28-08-70, O.M. 28-07-77, O.M. 4-07-83, en los títulos no derogados).

## **9.3 IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS Y PREVENCIÓN DE LOS MISMOS**

(El redactor del Estudio Básico deberá elegir las fases de obra, los riesgos más frecuentes y las medidas preventivas aplicables a cada caso).

### **9.3.1 Cubiertas planas, inclinadas, materiales ligeros.**

RIESGOS MÁS FRECUENTES	MEDIDAS PREVENTIVAS	PROTECCIONES INDIVIDUALES
Caídas de operarios al mismo nivel.	Marquesinas rígidas.	Orden y limpieza.
Caídas de operarios a distinto nivel.	Barandillas.	Utilización de equipos de protección individual y colectiva, según normativa.
Caída de operarios al vacío.	Pasos o pasarelas.	Cinturón de seguridad.

Caída de objetos sobre operarios.	Redes verticales.	Utilización de EPI's.
Caída de materiales transportados.	Se prohíbe la permanencia de trabajadores bajo la trayectoria de los materiales suspendidos.	Casco de seguridad y ropa de trabajo.
Choques o golpes contra objetos.		Ropa de trabajo, guantes y botas de seguridad.
Atrapamientos y aplastamientos	Mallazos.	Control de maniobras y vigilancia continuada.
Lesiones y/o cortes en manos y pies.		Calzado y guantes de seguridad.
Ambiente polvoriento.		Utilizar mascarillas de protección.
Ruidos, contaminantes acústicos.		Protectores auditivos.
Vibraciones.	Carcasas resguardos de protección de partes móviles de maquinaria.	Ropa de trabajo, protectores auditivos, cinturones antivibración.

### 9.3.2 Albañilería y cerramientos.

RIESGOS MÁS FRECUENTES	MEDIDAS PREVENTIVAS	PROTECCIONES INDIVIDUALES
Caídas de operarios al mismo nivel.	Marquesinas rígidas.	Orden y limpieza.
Caída de operarios al vacío.	Pasos o pasarelas.	Utilización de EPI's.
Caída de objetos sobre operarios.	Redes verticales.	Casco de seguridad.
Caída de materiales transportados.	Se prohíbe la permanencia de trabajadores bajo la trayectoria de los materiales suspendidos.	Utilización de EPI's.
Choques o golpes contra objetos.		Ropa de trabajo.
Atrapamientos y aplastamientos.	Mallazos.	Control de maniobras y vigilancia continuada.
Lesiones y/o cortes en manos y pies.		Guantes y botas de seguridad.
Sobreesfuerzos.		Utilizar fajas de protección lumbar.
Ruidos, contaminantes acústicos.		Protectores auditivos.
Vibraciones.		Protectores auditivos y cinturón elástico antivibración.



Dermatitis por contacto de cemento y cal.	Limpieza de zonas de trabajo y tránsito.	Guantes de PVC y botas de seguridad.
Contactos eléctricos directos e indirectos.	Habilitar caminos de circulación.	Guantes de PVC y botas de seguridad.
Condiciones meteorológicas adversas.	Andamios adecuados.	Traje para ambientes lluviosos y botas antideslizantes.
Trabajos en zonas húmedas o mojadas.		Botas antideslizantes.
Derivados de medios auxiliares.	Los sobrantes se irán retirando conforme se produzcan.	
Quemaduras en impermeabilizaciones.		Botas, polainas, mandiles y guantes de cuero para impermeabilización.
Derivados del acceso al lugar de trabajo.	Los sobrantes se irán retirando conforme se produzcan.	

### 9.3.3 Terminaciones (alicatados, enfoscados, enlucidos, falsos techos, salados, pinturas, carpintería, cerrajería, vidriería)

RIESGOS MÁS FRECUENTES	MEDIDAS PREVENTIVAS	PROTECCIONES INDIVIDUALES
Caídas de operarios al mismo nivel.	Marquesinas rígidas.	Orden y limpieza.
Caídas de operarios a distinto nivel.	Barandillas.	Utilización de equipos de protección individual y colectiva, según normativa.
Caída de operarios al vacío.	Pasos o pasarelas.	Utilización de EPI's.
Caída de objetos sobre operarios.	Redes verticales.	Utilización de EPI's.
Caída de materiales transportados.	Se prohíbe la permanencia de trabajadores bajo la trayectoria de los materiales suspendidos.	Casco de seguridad.

**9.3.4 Instalaciones (electricidad, fontanería, gas, aire acondicionado, calefacción, ascensores, antenas, pararrayos)**

RIESGOS MÁS FRECUENTES	MEDIDAS PREVENTIVAS	PROTECCIONES INDIVIDUALES
Caídas de operarios al mismo nivel.	Marquesinas rígidas.	Orden y limpieza.
Caídas de operarios a distinto nivel.	Barandillas.	Utilización de equipos de protección individual y colectiva, según normativa.
Caídas de operarios al vacío.	Pasos o pasarelas.	Utilización de EPI's.
Caída de objetos sobre operarios.	Redes verticales.	Casco de Seguridad.
Caída de materiales transportados.	Se prohíbe la permanencia de trabajadores bajo la trayectoria de los materiales suspendidos.	Utilización de EPI's.
Choques o golpes contra objetos.		Ropa de trabajo.
Atrapamientos y aplastamientos.	Mallazos.	Ropa de trabajo.
Lesiones y/o cortes en manos y pies.		Guantes y botas de seguridad.
Sobreesfuerzos		Utilizar faja de protección lumbar.
Ruidos, contaminantes acústicos.		Botas, polainas, mandiles y guantes de cuero para impermeabilización.
Vibraciones.		Protectores auditivos y cinturón elástico antivibración.
Dermatitis por contacto de cemento y cal.	Limpieza de zonas de trabajo y tránsito.	Guantes de PVC y botas de seguridad.
Contactos eléctricos directos e indirectos.	Habilitar caminos de circulación.	Guantes de PVC y botas de seguridad.
Condiciones meteorológicas adversas.	Andamios adecuados.	Traje para ambientes lluviosos y botas antideslizantes.
Trabajos en zonas húmedas o mojadas.		Botas antideslizantes.
Derivados de medios auxiliares.	Los sobrantes se irán retirando conforme se produzcan.	
Quemaduras en impermeabilizaciones.		Botas, polainas, mandiles y guantes de cuero para impermeabilización.

Derivados del acceso allugar de trabajo.	Los sobrantes se irán retirando conforme se produzcan.	
--	--	--

#### **9.4 FORMACIÓN**

Todo el personal debe recibir, al ingresar en la obra, una exposición de los métodos de trabajo y los riesgos que éstos pudieran entrañar, juntamente con las medidas de seguridad que deberá emplear.

#### **9.5 MEDIDAS PREVENTIVAS Y PRIMEROS AUXILIOS**

##### **9.5.1 Botiquines.**

Se dispondrá de un botiquín conteniendo el material especificado en la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, con los medios necesarios para efectuar las curas de urgencia en caso de accidente, y estará a cargo de él una persona capacitada designada por la empresa constructora.

##### **9.5.2 Asistencia a accidentados**

Se deberá informar a la obra del emplazamiento de los diferentes Centros Médicos (Servicios propios, Mutuas Patronales, Mutualidades Laborales, Ambulatorios, etc.) donde debe trasladarse a los accidentados para su más rápido y efectivo tratamiento.

Es muy conveniente disponer en la obra, y en sitio bien visible, de una lista de los teléfonos y direcciones de los centros asignados para urgencias, ambulancias, taxis, etc., para garantizar un rápido transporte de los posibles accidentados a los Centros de Asistencia.

#### **9.6 PRESUPUESTO DE SEGURIDAD Y SALUD**

El Real Decreto 1627/1.997 establece disposiciones mínimas y entre ellas no figura, para el Estudio Básico la de realizar un Presupuesto que cuantifique el conjunto de gastos previstos para la aplicación de dicho Estudio. (Aunque no sea obligada Seguridad y Salud, que obra).

Aunque no sea obligatorio se recomienda reservar en el Presupuesto del proyecto una partida de Seguridad y Salud, que puede variar entre el 1% y el 2% del PEM, en función del tipo de obra.

## 9.7 TRABAJOS POSTERIORES

El apartado 3 del Artículo 6 del Real Decreto 1627/1.997 establece que en el Estudio Básico se contemplarán también las previsiones y las informaciones para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores.

(El redactor del Estudio Básico deberá elegir para los previsibles trabajos posteriores, los riesgos más frecuentes y las medidas preventivas aplicables en cada caso).

### 9.7.1 Reparación. Conservación y mantenimiento

RIESGOS MÁS FRECUENTES	MEDIDAS PREVENTIVAS	PROTECCIONES INDIVIDUALES
Caídas de operarios al vacío.		Utilización de EPI's.
Caídas de operarios al mismo nivel.	Orden y limpieza.	
Caídas de alturas por huecos horizontales.	Tableros o planchas en huecos horizontales.	Cinturón de seguridad y ropa de trabajo.
Caída por resbalón		Botas antideslizantes.
Contactos eléctricos directos e indirectos.		Guantes de PVC y botas de seguridad.
Condiciones meteorológicas adversas.		Traje para lluvia y botas antideslizantes.
Trabajos en zonas húmedas o mojadas.		Botas antideslizantes.

## 9.8 OBLIGACIONES DEL PROMOTOR

Antes del inicio de los trabajos, el promotor designará un Coordinador en materia de Seguridad y Salud, cuando en la ejecución de las obras intervengan más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos o diversos trabajadores autónomos.

(En la introducción del Real Decreto y en el apartado 2 del Artículo 2 se establece que el contratista y el subcontratista tendrán la consideración de empresario a los efectos previstos en la normativa sobre prevención de riesgos laborales. Como en las obras de

edificación es habitual la existencia de numerosos subcontratistas, será previsible la existencia del Coordinador en la fase de ejecución).

La designación del Coordinador en materia de Seguridad y Salud no eximirá al promotor de las responsabilidades.

El promotor deberá efectuar un aviso a la autoridad laboral competente antes del comienzo de las obras, que se redactará con arreglo a lo dispuesto en el Anexo IV del Real Decreto 1627/1.997 debiendo exponerse en la obra de forma visible y actualizándose si fuera necesario.

### **9.9 COORDINADOR EN MATERIA DE SEGURIDAD Y SALUD**

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

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

- Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y seguridad.
  
- Coordinar las actividades de la obra para garantizar que las empresas y personal actuante apliquen de manera coherente y responsable los principios de acción preventiva que se recogen en el Artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales durante la ejecución de la obra, y en particular, en las actividades a que se refiere el Artículo 10 del Real Decreto 1627/1.997.
  
- Aprobar el Plan de Seguridad y Salud elaborado por el contratista y, en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo.
  
- Organizar la coordinación de actividades empresariales previstas en el Artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
  
- Coordinar las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.
  
- Adoptar las medidas necesarias para que sólo las personas autorizadas puedan acceder a la obra.

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

## **9.10 PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO**

En aplicación del Estudio Básico de Seguridad y Salud, el contratista, antes del inicio de la obra, elaborará un Plan de Seguridad y Salud en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en este Estudio Básico y en función de su propio sistema de ejecución de obra. En dicho Plan se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de Prevención que el contratista proponga con la correspondiente justificación técnica, y que no podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en este Estudio Básico.

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

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

## **9.11 OBLIGACIONES DE CONTRATISTAS Y SUBCONTRATISTAS**

El contratista y subcontratistas estarán obligados a:

1. Aplicar los principios de acción preventiva que se recogen en el Artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos laborales y en particular:
  - El mantenimiento de la obra en buen estado de limpieza.
  - La elección del emplazamiento de los puestos y áreas de trabajo, teniendo en cuenta sus condiciones de acceso y la determinación de las vías o zonas de desplazamiento o circulación.
  - La manipulación de distintos materiales y la utilización de medios auxiliares.
  - El mantenimiento, el control previo a la puesta en servicio y control periódico de las instalaciones y dispositivos necesarios para la ejecución de las obras, con objeto de corregir los defectos que pudieran afectar a la seguridad y salud de los trabajadores.

- La delimitación y acondicionamiento de las zonas de almacenamiento y depósito de materiales, en particular si se trata de materias peligrosas.
  - El almacenamiento y evacuación de residuos y escombros.
  - La recogida de materiales peligrosos utilizados.
  - La adaptación del período de tiempo efectivo que habrá de dedicarse a los distintos trabajos o fases de trabajo.
  - La cooperación entre todos los intervinientes en la obra.
  - Las interacciones o incompatibilidades con cualquier otro trabajo o actividad.
2. Cumplir y hacer cumplir a su personal lo establecido en el Plan de Seguridad y Salud.
  3. Cumplir la normativa en materia de prevención de riesgos laborales, teniendo en cuenta las obligaciones sobre coordinación de las actividades empresariales previstas en el Artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, así como cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el Anexo IV del Real Decreto 1627/1.997.
  4. Informar y proporcionar las instrucciones adecuadas a los trabajadores autónomos sobre todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiera a seguridad y salud.
  5. Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del Coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra.

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

Las responsabilidades del Coordinador, Dirección Facultativa y el Promotor o eximirán de sus responsabilidades a los contratistas y a los subcontratistas.

### **9.12 OBLIGACIONES DE LOS TRABAJADORE AUTÓNOMOS**

Los trabajadores autónomos están obligados a:

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

-El mantenimiento de la obra en buen estado de orden y limpieza

- El almacenamiento y evacuación de residuos y escombros.
- La recogida de materiales peligrosos utilizados.
- La adaptación del período de tiempo efectivo que habrá de dedicarse a los distintos trabajos o fases de trabajo.
- La cooperación entre todos los intervinientes en la obra.
- Las interacciones o incompatibilidades con cualquier otro trabajo o actividad.

Cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el Anexo IV del Real Decreto 1627/1.997.

-Ajustar su actuación conforme a los deberes sobre coordinación de las actividades empresariales previstas en el Artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, participando en particular en cualquier medida de su actuación coordinada que se hubiera establecido.

-Cumplir con las obligaciones establecidas para los trabajadores en el Artículo 29, apartados 1 y 2 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

-Utilizar equipos de trabajo que se ajusten a lo dispuesto en el Real Decreto 1215/1.997.

-Elegir y utilizar equipos de protección individual en los términos previstos en el Real Decreto 773/1.997.

-Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del Coordinador en materia de seguridad y salud.

Los trabajadores autónomos deberán cumplir lo establecido en el Plan de Seguridad y Salud.

### **9.13 LIBRO DE INCIDENCIAS**

En cada centro de trabajo existirá, con fines de control y seguimiento del Plan de Seguridad y Salud, un Libro de Incidencias que constará de hojas por duplicado y que será facilitado por el Colegio profesional al que pertenezca el técnico que haya aprobado el Plan de Seguridad y Salud.

Deberá mantenerse siempre en obra y en poder del Coordinador. Tendrán acceso al Libro, la Dirección Facultativa, los contratistas y subcontratistas, los trabajadores autónomos, las personas con responsabilidades en materia de prevención de las



empresas intervinientes, los representantes de los trabajadores, y los técnicos especializados de las Administraciones públicas competentes en esta materia, quienes podrán hacer anotaciones en el mismo. (Sólo se podrán hacer anotaciones en el Libro de Incidencias relacionadas con el cumplimiento del Plan).

Efectuada una anotación en el Libro de Incidencias, el Coordinador estará obligado a remitir en el plazo de veinticuatro horas una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realiza la obra. Igualmente notificará dichas anotaciones al contratista y a los representantes de los trabajadores.

#### **9.14 PARALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS**

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

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

#### **9.15 DERECHOS DE LOS TRABAJADORES**

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

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

#### **9.16 DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD QUE DEBEN APLICARSE EN LAS OBRAS**

Las obligaciones previstas en las tres partes del Anexo IV del Real Decreto 1627/1.997, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, se aplicarán siempre que lo exijan las características de la obra o de la actividad, las circunstancias o cualquier riesgo.

El objeto de este estudio es dar cumplimiento al Real Decreto 1627/1.997, de 24 de Octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, identificando, analizando y estudiando los posibles riesgos laborables que pueden ser evitados, identificando las medidas técnicas necesarias para ello; relación de los riesgos que no pueden eliminarse, especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos.

Así mismo este Estudio de Seguridad y Salud da cumplimiento a la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales en lo referente a la obligación del empresario titular de un centro de trabajo de informar y dar instrucciones adecuadas, en relación con los riesgos existentes en el centro de trabajo y las medidas de protección y prevención correspondientes.

En base a este estudio Básico de Seguridad, el Contratista elaborará su Plan de Seguridad y Salud, en el que tendrá en cuenta las circunstancias particulares de los trabajos objeto del contrato.

#### **9.17 CAMPO DE APLICACIÓN**

El presente Estudio Básico de Seguridad y Salud es de aplicación en las obras de construcción de Instalaciones Generadoras de Baja Tensión así como las Líneas Aéreas y/o Subterráneas de alimentación.

#### **9.18 NORMATIVAS APLICABLES**

La relación de normativa que a continuación se presenta no pretende ser exhaustiva, se trata únicamente de recoger la normativa legal vigente en el momento de la edición de este documento, que sea de aplicación y del mayor interés para la realización de los trabajos objeto del contrato al que se adjunta este Estudio Básico de Seguridad y Salud.

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.

Decreto del 28/11/69 Reglamento Técnico de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión. Decreto 2413/1973 del 20 de septiembre. Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y las Instrucciones Técnicas Complementarias.

Ley 8/1980 de 20 de marzo. Estatuto de los Trabajadores.

Real Decreto 3275/1982 Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, y las Instrucciones Técnicas Complementarias.

Real Decreto Legislativo 1/1994, de 20 de junio. Texto Refundido de la Ley General de la Seguridad Social.

Real Decreto 39/1995, de 17 de enero. Reglamento de los Servicios de Prevención. Real Decreto 485/1997 en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

Real Decreto 486/1997, de 14 de abril. Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

Real Decreto 487/1995 relativo a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorso-lumbar, para los trabajadores.

Real Decreto 773/1995 relativo a la utilización por los trabajadores de los equipos de protección personal.

Real Decreto 1215/1997 relativo a la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

Real Decreto 1627/1997, de octubre. Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

Ordenanza de Seguridad e Higiene en el trabajo año 1971, capítulo VI.

Cualquier otra disposición sobre la materia actualmente en vigor o que se promulgue durante la vigencia de este documento.

## **9.19 DESARROLLO DEL ESTUDIO**

### **9.19.1 Aspectos generales**

El Contratista acreditará ante la Dirección Facultativa de la obra, la adecuada formación y adiestramiento de todo el personal de la obra en materia de Prevención y Primeros Auxilios.

Así mismo, la Dirección Facultativa, comprobará que existe un plan de emergencia para atención del personal en caso de accidente y que han sido contratados los servicios asistenciales adecuados. La dirección y teléfonos de estos servicios deberá ser colocada en forma visible en lugares estratégicos de la obra.

Antes de comenzar la jornada, los mandos procederán a planificar los trabajos de acuerdo con el plan establecido, informando a todos los operarios claramente las maniobras a realizar, los posibles riesgos existentes y las medidas preventivas y de protección a tener en cuenta. Deben cerciorarse de que todo lo han entendido.

### **9.19.2 Identificación de los riesgos**

En función de las obras a realizar y de las fases de trabajos de cada una de ellas, se incorporan en los Anexos los riesgos más comunes, sin que su relación sea exhaustiva.

En el Anexo 1 se contemplan los riesgos en las fases de pruebas y puesta en servicio de las nuevas instalaciones, como etapa común para toda obra nueva.

En los Anexos 2, 3 y 4 se identifican los riesgos específicos para las obras siguientes:

- Líneas aéreas.
- Líneas subterráneas.

### **9.19.3 Medidas de prevención necesarias para evitar riesgos**

En los Anexos se incluyen, junto con las medidas de protección, las acciones tendentes a evitar o disminuir los riesgos en los trabajos, además de las que con carácter general se recogen a continuación:

- Protecciones y medidas preventivas colectivas, según normativa vigente relativa a equipos y medios de seguridad colectiva.
- Prohibir la permanencia de personal en la proximidad de las máquinas en movimiento.
- Prohibir la entrada a la obra a todo el personal ajeno
- Establecer zonas de paso y acceso a la obra.
- Balizar, señalizar y vallar el perímetro de la obra, así como puntos singulares en el interior de la misma.

- Establecer un mantenimiento correcto de la maquinaria.
- Controlar que la carga de los camiones no sobrepase los límites establecidos y reglamentarios.
- Utilizar andamios y plataformas de trabajo adecuados.
- Evitar pasar o trabajar debajo de la vertical de otros trabajos.

#### **9.19.4 Protecciones**

Las protecciones a utilizar son: Ropa de trabajo, adecuada a la tarea a realizar por los trabajadores del contratista.

Equipos de protección. Se relacionan a continuación los equipos de protección individual y colectiva de uso más frecuente en los trabajos que desarrollan para IBERDROLA. El Contratista deberá seleccionar aquellos que sean necesarios según el tipo de trabajo.

- Equipos de protección individual (EPI), de acuerdo con las normas UNE:
- Calzado de seguridad.
- Casco de seguridad.
- Guantes aislantes de la electricidad de baja tensión y de alta tensión.
- Gafas de seguridad.
- Cinturón de seguridad.
- Discriminador de baja tensión, protecciones colectivas.
- Señalización: cintas, banderolas, etc.
- Cualquier tipo de protección colectiva que se pueda requerir en el trabajo a realizar.
- Equipos de primeros auxilios.
- Botiquín con los medios necesarios para realizar curas de urgencia en caso de accidente. Dicho botiquín deberá estar ubicado en el vestuario u oficina, a cargo de una persona capacitada designada por la Empresa Contratista.
- Equipo de protección contra incendios: Extintores de polvo seco clase A, B, C.

#### **9.19.5 Características generales de la obra**

En este punto se analizan con carácter general, independientemente del tipo de obra, las diferentes servidumbres o servicios que se pueden tener perfectamente definidas y solucionadas antes del comienzo de las obras.

##### **9.19.5.1 Descripción de la obra y situación**

Se trata de una instalación fotovoltaica de autoconsumo en conexión a red sin vertido de excedentes en cubierta de una industria en Picaña, Valencia.

*ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA AUTOCONSUMO SIN VERTIDO A RED DE 100 KW DE POTENCIA NOMINAL SOBRE LA CUBIERTA DE UNA INDUSTRIA SITA EN TÉRMINO MUNICIPAL DE PICAÑA, PROVINCIA DE VALENCIA.*

Se deberán tener en cuenta las dificultades que pudieran existir en los accesos, estableciendo los medios de transporte y traslado más adecuado a la orografía del terreno.

#### **9.19.5.2 Suministro de energía eléctrica**

El suministro de energía eléctrica provisional de obra será facilitado por la Empresa constructora, proporcionando los puntos de enganche necesarios.

#### **9.19.5.3 Suministro de agua potable**

El suministro de agua potable será a través de las conducciones habituales de suministro en la región, zona, etc., en el caso de que esto no sea posible dispondrán de los medios necesarios (cisternas, etc.) que garantice su existencia regular desde el comienzo de la obra.

#### **9.19.5.4 Servicio higiénicos**

Dispondrá de servicios higiénicos suficientes y reglamentarios. Si fuera posible, las aguas fecales se conectarán a la red de alcantarillado, en caso contrario, se dispondrá de medios que faciliten su evacuación o traslado a lugares específicos destinados para ellos, de modo que no se agrega al medio ambiente.

#### **9.19.5.5 Previsiones e informaciones útiles para los trabajos posteriores**

Entre otras se deberá disponer de:

- Instrucciones de operación normal y de emergencia.
- Señalización clara de mandos de operación y emergencia.
- Dispositivos de protección personal y colectiva para trabajos posteriores de mantenimiento.
- Equipos de rescate y auxilio para casos necesarios.

#### **9.19.5.6 Medidas específicas relativas a trabajos que impliquen riesgos especiales para la seguridad y la salud de los trabajadores**

En el ANEXO 1 se recogen las medidas específicas para las etapas de pruebas y puesta en servicio de la instalación, en las que el riesgo eléctrico puede estar presente.

## 9.20 ANEXO 1

Pruebas y puesta en servicio de las instalaciones.

Se indican con carácter general los posibles riesgos existentes en la puesta en servicio de las instalaciones y las medidas preventivas y de protección a adoptar para eliminarlos o minimizarlos.

ACTIVIDADES	RIESGO	ACCIÓN PREVENTIVA Y PROTECCIONES
Pruebas y puestas en servicio.	Golpes.	Mantenimiento de equipos y utilización de EPI's.
	Heridas.	Utilización de EPI's.
	Caídas de Objetos.	Adecuación de Cargas.
	Atrapamientos	Control de Maniobras: Vigilancia continuada.
	Contactos Eléctricos Directos e Indirectos.	Utilización de EPI's.
		Seguir los procedimientos de descarga de instalaciones eléctricas.
		Aplicar las siguientes reglas: -Apantallar en caso de proximidad de los elementos en tensión. -Informar por parte del Jefe de Trabajo a todo el personal, la situación en la que se encuentra la zona de trabajo y donde se encuentran los puntos en tensión más cercanos.

## 9.21 ANEXO 2

Líneas aéreas.

Riesgos y medios de protección para evitarlos o minimizarlos.

ACTIVIDAD.	RIESGO.	ACCIÓN PREVENTIVA Y PROTECCIONES.
Acopio, carga y descarga.	Golpes.	Mantenimiento de Equipos.
	Heridas.	Utilización de EPI's.
	Caídas de objetos.	Adecuación de las cargas.
	Atrapamiento.	Control de maniobras. Vigilancia continuada.
Excavaciones y Hormigonado.	Caídas al mismo nivel.	Orden y limpieza.

	Caídas desde altura.	Utilización de equipos de protección individual y colectiva, según normativa vigente.
	Desprendimientos.	Entibamiento.
	Golpes y heridas.	Utilización de EPI's.
	Oculares, cuerpos extraños.	Utilización de EPI's.
	Riesgos a terceros.	Vallado de seguridad. Protección de los huecos.
	Sobreesfuerzos.	Utilizar fajas de protección lumbar.
	Atrapamientos.	Control de maniobras y vigilancia continuada.
Montaje, izado y armado.	Caídas desde altura.	Utilización de equipos de protección individual y colectiva, según normativa.
	Desprendimientos.	Entibamiento.
	Golpes y heridas.	Utilización de EPI's.
	Oculares, cuerpos extraños.	Utilización de EPI's.
	Riesgos a terceros.	Vallado de seguridad. Protección de los huecos.
	Sobreesfuerzos.	Utilizar fajas de protección lumbar.
Cruzamientos.	Caídas al mismo nivel.	Orden y limpieza.
	Caídas desde altura.	Utilización de equipos de protección individual y colectiva, según Normativa.
	Desprendimientos.	Entibamiento.
	Golpes y heridas.	Utilización de EPI's.
	Oculares, cuerpos extraños.	Utilización de EPI's.
	Riesgos a terceros.	Vallado de Seguridad. Protección de los huecos.
	Sobreesfuerzos.	Utilizar fajas de protección lumbar.
Tendido de conductores.	Vuelco de maquinaria.	Acondicionamiento de la zona de ubicación, anclaje correcto de máquinas de tracción.
	Caídas desde altura.	Utilización de equipos de protección individual y colectiva, según normativa.
	Riesgo eléctrico.	Puesta a tierra de los conductores y señalización de ella.
	Golpes y heridas.	Utilización de EPI's.



	Atrapamientos.	Control de maniobras y vigilancia continuada.
	Sobreesfuerzos.	Utilizar fajas de protección lumbar.
Tensado y grapado.	Caídas desde altura.	Utilización de equipos de protección individual y colectiva.
	Riesgo eléctrico.	Puesta a tierra de los conductores y señalización de ella.
	Golpes y heridas.	Utilización de EPI's.
	Atrapamientos.	Control de maniobras y vigilancia continuada.
	Sobreesfuerzos.	Utilizar fajas de protección lumbar.
Pruebas y Puesta en Servicio.	Ver ANEXO 1.	

## **10 PLAN DE GESTIÓN DE RESÍDUOS**

### **10.1 INTRODUCCIÓN**

En el Plan de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición se detallan las medidas de prevención y el procedimiento de eliminación para una adecuada gestión de los residuos de construcción y demolición (RCDs), generados durante la ejecución de la obra del presente Proyecto de Instalación Fotovoltaica en cubierta de industria en el término municipal de Picaña (Valencia).

Tiene como objeto prevenir la generación de residuos y mitigar los efectos adversos sobre la salud humana y el medio ambiente, evitando la contaminación, fomentando la reutilización y el reciclado, y mejorando la eficiencia en el empleo de los recursos disponibles y el desarrollo de la actividad de construcción.

### **10.2 LEGISLACIÓN APLICABLE**

Este Plan se rige conforme a lo establecido en la legislación vigente y, en concreto, cumple lo establecido en las siguientes normativas:

- Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.
- Ley 10/2000, de 12 de diciembre, de Residuos de la Comunitat Valenciana
- Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.
- Ley 5/2022, de 29 de noviembre, de residuos y suelos contaminados para el fomento de la economía circular en la Comunitat Valenciana.
- Ordenanzas municipales del Ayuntamiento de Picaña.

### **10.3 DESCRIPCIÓN DE LA OBRA**

La obra de construcción del presente Proyecto consistirá en la instalación de una planta fotovoltaica en la cubierta de una nave industrial en el término municipal de Picaña, Valencia.

Se dispondrá la estructura coplanar soporte en la cubierta de la nave, donde irán fijados los módulos fotovoltaicos. Se realizarán las conexiones eléctricas necesarias entre los módulos y desde estos hasta los inversores. Los inversores se colocarán en el interior de la nave junto al cuadro general de distribución, donde se conectarán eléctricamente con sus debidas protecciones.

#### 10.4 IDENTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS GENERADOS

Según la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados, se define "Residuo" como: cualquier sustancia u objeto que su poseedor deseche o tenga la intención o la obligación de desechar. En el caso del presente Proyecto, se refiere a los RCDs, aquellos residuos que conforme a esta definición se generan en una obra de construcción o demolición.

Los residuos de construcción y demolición se clasifican en dos niveles:

- RCD de nivel I: consisten en las tierras y materiales pétreos no contaminados procedentes de excavación. Son los residuos generados en la ejecución de obras de infraestructuras de ámbito local o supramunicipales contenidas en los planes de actuación urbanística o de carácter regional, siendo los excedentes de excavación de los movimientos de tierra generados.

reparación domiciliaria e implantación de servicios (abastecimiento y saneamiento, telecomunicaciones, suministro eléctrico, gasificación y otros).

Se distinguen los siguientes tipos de RCDs en la ejecución de una obra:

- Tierras y materiales pétreos no contaminados: generados debido a los movimientos de tierra.
- RCD de naturaleza pétreo: hormigón, restos de áridos, cortes de ladrillo, restos de mortero, etc.
- RCD de naturaleza no pétreo: vidrio, plástico, metal, papel y cartón, restos de cartón-yeso, etc.
- Residuos peligrosos: cualquier materia que contenga elementos o sustancias que puedan representar un peligro para el medio ambiente, la salud humana o los recursos naturales.
- Otros residuos.

Los residuos de construcción y demolición generados en la ejecución del presente Proyecto serán de nivel II y de naturaleza pétreo y no pétreo. No se generarán tierras y materiales pétreos no contaminados, residuos peligrosos, ni otros residuos.

Se identifican los residuos generados en la Tabla 5-1, codificados de acuerdo con la Lista Europea de Residuos (LER) publicada por Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero.

febrero.

TIPO DE RESIDUO	CÓDIGO LER	GENERACIÓN
<b>RESIDUOS NO PELIGROSOS</b>		
Excedentes de excavación	170101	
Restos de hormigón	170101	
Papel y cartón	200101	X
Maderas	170201	X
Plásticos (envases y embalajes)	172003	X
Metales mezclados	170401/170402/170405/170407	X

Restos asimilables a urbanos	200301	
Restos asimilables a urbanos. Contenedor amarillo: metales y plásticos (si se segregan)	150102/150104/150105/150106	
Residuos vegetales (podas y talas)	200201	
Materiales cerámicos (aisladores)	170103	
Vidrios (aisladores)	170201	
Mezclas de hormigón, ladrillos, tejas, etc.	170107	
Materiales de construcción que contienen amianto (Uralita)	17605	
Tierras y piedras	170504	
Residuo de grava y rocas trituradas	10408	
Residuos de arena y arcilla	10409	
Ladrillos	170102	
RCDs mezclados	170904	
<b>RESIDUOS PELIGROSOS</b>		
Trapos impregnados	150202*	
Tierras contaminadas	170503*	
Aerosoles	160504*	
Envases que han contenido sustancias peligrosas	150110*/150111*	
Transformadores/Equipos con PCBs	160209*/160210*	
Equipos que han contenido aceite	160213*	
Aceites usados (hidráulicos)	1302_*	
Aceites usados sin PCBs (aislante)	130307*	
Aceites usados con PCBs	130301*	
Materiales de aislamiento que contiene amianto	170601*	
Baterías de Ni/cd	160602*	
Baterías de Plomo	160601*	
Fluorescentes/lámparas de vapor de Hg	200121*	
Mezclas de residuos municipales	200301*	
Mezclas bituminosas que contiene alquitrán de hulla	170301*	
Alquitrán de hulla y productos alquitranados	170303*	

(\*) Los residuos que contienen un (\*) se consideran residuos peligrosos de conformidad con la Directiva 91/689/CEE sobre residuos peligrosos.

Tabla 5-1. Residuos generados identificados con el código LER.

## 10.5 ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE RESIDUOS GENERADOS

Se estima la cantidad de los residuos que se generarán en la ejecución de la obra del presente Proyecto.

CÓDIGO LER	TIPO DE RESIDUO	PROCEDENCIA	CANTIDAD
200101	Papel y cartón	Embalajes	40 kg
170201	Maderas	Embalajes	95 kg
172003	Plásticos (envases y embalajes)	Embalajes	110 kg
170401/170402/170405/170407	Metales mezclados	Construcción	25 kg

## 10.6 MEDIDAS DE PREVENCIÓN

Con el objetivo de reducir la generación de residuos y fomentar su reutilización y reciclado, se realiza una planificación del suministro y de los recursos necesarios para ejecutar la obra. Se citan, a continuación, las medidas de prevención de residuos a seguir:

- Planificación previa de la compra de recursos necesarios. En este sentido, es imprescindible calcular adecuadamente la cantidad de materiales requeridos para no generar sobrantes.
- Solicitud de materiales con envases retornables y/o a proveedores que recojan sus propios embalajes para su reutilización.
- Compra de materiales a granel o en gran escala con objeto de reducir los embalajes cuando sea posible.
- Recepción de los pedidos con la fecha más próxima a su instalación, con el fin de disminuir el periodo de almacenamiento para evitar roturas, deterioros y disminución de la calidad de la mercancía. En caso de no ser posible, almacenar los productos adecuadamente según sus características y las indicaciones del fabricante.
- Almacenar los dispositivos necesarios en sus embalajes originales hasta el momento de su uso.
- Utilizar los productos como adhesivos, sellantes, pinturas, disolventes, etc., de manera completa y con una adecuada gestión para no generar excesos.
- Manipulación de los materiales según los protocolos del fabricante, para evitar residuos generados por roturas o degradación de los productos debido a su mal uso.
- Evitar la exposición directa a lluvia, humedad e insolación intensa de los materiales que pueda conllevar deterioro o pérdida de calidad de estos, previniendo que puedan ser desechados.
- Realización de las operaciones de carga y descarga de material con precaución para evitar roturas.
- Almacenamiento de sustancias peligrosas como aceites, grasas, combustibles, etc., en zonas protegidas y en recipientes de contención para evitar derrames y generación de residuos peligrosos.

- En caso de extracción de tierras, almacenarlas de forma aislada, evitando el paso cercano de maquinaria o zonas próximas de almacenamiento de productos líquidos o residuos peligrosos que puedan contaminar las tierras a consecuencia de un vertido accidental.
- Al retirar la capa de tierra vegetal, almacenarla aislada de otras tierras excavadas, con objeto de reutilizarla en las labores de restauración o en terrenos agrícolas si existiese una cantidad sobrante.
- Fomentar la utilización de las tierras excavadas como material de relleno o para el acondicionamiento de la superficie terrestre.

Para poder seguir todas las medidas de prevención citadas, el personal de la obra deberá poseer la formación suficiente sobre gestión de residuos de construcción y demolición, en los relativo a los aspectos medioambientales y legislativos de la gestión.

### **10.7 OPERACIONES DE VALORACIÓN Y ELIMINACIÓN**

Según lo establecido en el Real Decreto 105/2008, artículo 5, los residuos de construcción y demolición deberán separarse en las siguientes fracciones cuando, de forma individualizada para cada una de dichas fracciones, la cantidad prevista de generación para el total de la obra supere las siguientes cantidades:

TIPO DE RESIDUO	CANTIDAD
Hormigón	80 t
Ladrillos, tejas, cerámicos	40 t
Metales	2 t
Madera	1 t
Vidrio	1 t
Plásticos	0,5 t
Papel y cartón	0,5 t

En la obra del presente Proyecto, la previsión de residuos no supera las cantidades descritas en la Tabla, por lo que no será obligatorio la separación en las fracciones citadas. Sin embargo, se deberán enviar los residuos a puntos de reciclaje de materiales y puntos limpios, donde se garantice una adecuada gestión de estos.

Por ende, las medidas de eliminación de residuos consistirán en un recogida y posterior transporte hasta un punto o vertedero autorizado.

## 10.8 MEDIDAS DE GESTIÓN DE RESIDUOS

Puesto que no hay previsión de reutilización de los residuos en la misma obra o emplazamientos externos, su gestión simplemente consistirá en el almacenamiento en obra y el posterior transporte a un punto de reciclaje o vertedero autorizado.

Para la supervisión y el seguimiento en la obra de los residuos generados, se adoptarán las siguientes medidas:

- Almacenamiento en la obra de los residuos generados en óptimas condiciones de orden y limpieza.
- Dotar a personal cualificado que realice las labores de control, vigilancia y separación de los residuos en la obra. Estas personas deberán recibir la correspondiente formación para ejercer su labor.
- Concienciación a todo el personal de obra de sus obligaciones y funciones en la correcta gestión de los residuos.
- Control del movimiento de los residuos mediante el registro con un albarán de entrega al punto de destino. Este albarán deberá indicar el tipo de residuo, la cantidad y el destino final de los mismos.
- Contratación de gestores de residuos y transportistas autorizados.

## 10.9 COSTE PREVISTO PARA LA GESTIÓN DE RCD's

Se valora el coste previsto para la gestión de los residuos de construcción y demolición que se generarán en la obra del presente Proyecto, formando este coste parte del presupuesto total del Proyecto. Se estima el coste según las cantidades de materiales previstas.

TIPO DE RESIDUO	CANTIDAD ESTIMADA	PRECIO DE GESTIÓN EN VERTEDERO	IMPORTE
Papel y cartón	40 kg	2,00 €/kg	80,00 €
Maderas	95 kg	0,20 €/kg	19,00 €
Plásticos (envases y embalajes)	110 kg	0,20 €/kg	22,00 €
Metales mezclados	25 kg	1,00 €/kg	25,00 €
<b>TOTAL</b>			<b>146,00 €</b>

## 11 PRESUPUESTO

### 11.1 PRESUPUESTO MATERIAL

En el presente apartado se indica el valor de los equipos e instalaciones construidos por terceros fuera de la obra e incorporados a ella. Así pues, en este desglose se mostrará el coste de paneles fotovoltaicos, inversores, cableado eléctrico...

CAPITULO I: MÓDULOS FOTOVOLTAICOS, CABLEADO Y OTROS					
Partida	Ud	Descripción	Medición	€/Medición	Total €
1.1	ut	Módulos LONGI, modelo el LR4-72HPH	280	185	51.800
1.2	ut	Inversor HUAWEI SUN2000-10KTL-M1	10	1.869,5	18.695
1.3	ut	Estructura coplanar Sunfer, modelo Sunfer, modelo KHE915	47	146,5	6.885,5
1.3	ut	Cuadro de Corriente Continua, con capacidad para 20 fusibles incluidos.	1	335	335
1.4	ut	Terminales de conexión de Cu de diferentes secciones y diferentes métricas.	85	2	170
1.5	ut	Conectores rápidos marca MC-4 para conexión entre módulos	40	1,5	60
1.6	ut	Cableado DC tipo RV-K 0,6/1kV XLPE Cu de sección 6 mm <sup>2</sup> , interconexión de módulos FV	480	0,5	240



1.7	ut	Cableado AC tipo RV-K 0,6/1 kV XLPE Cu flexible o equivalente de sección 4 x 1 x 4 mm <sup>2</sup> . Desde inversores a cuadro AC. (Medición de las tres fases, neutro y tierra)	308	1,44	443,5
1.8	ut	Caja de protección AC, incluye conjunto protección sobretensiones, 10 interruptor automático 4P 32 A, bobina de disparo, 10 relé de protección diferencial MCCB de 300 mA.  Caja apta para montaje exterior, incluyendo carriles, tornillería, bornes, etc para su instalación.	1	919	919
1.9	ut	Tapa bandeja REJIBAND	13,98	130	1817,4
1.10	ut	Bandeja REJIBAND 60x60 mm	80	7,81	624,8
1.11	ut	Bandeja REJIBAND 135x60 mm	50	9,68	484
1.12	ut	Unión reforzada REJIBAND	60	4,66	279,6
1.13	ut	Soporte omega SPLUS 100 REJIBAND	100	1,38	138
1.14	ut	Tubo acero DIN 2440 80 galvanizado	6	12,3	73,8
1.15	ut	Racord unión tubo 80 mm galv. 80 flexible	28,56	2	57,12
1.16	ut	Tubo flexible 80 mm	4	10,42	41,68
1.17	ut	KIT 40 final (END CLAMP)	192	0,37 €/ud	71,04
1.18	ut	KIT 40 intermedia (END CLAMP)	672	0,39 €/ud	262,08
1.19	ut	Perfil base (TRAPEZOIDAL INTER KIT)	864	0,80 €/ud	691,08

1.20	ut	Tornillos rosca chapa	1.728	0,15 €/ud	259,20
1.21	ut	Arnés, línea de vida, tacos, sujetaCables	1	250	250
<b>TOTAL CAPITULO I</b>					84.335,72

<b>CAPITULO II: SISTEMA DE MONITORIZACIÓN Y LIMITACIÓN</b>					
Partida	Ud	Descripción	Medición	€/Medición	Total €
2.1	1	Accesorio de monitorización Datalogger para certificado de vertido 0.	1	46,54	46,55
2,2	1	Smart meter Janitza. Medidor trifásico para elcontrol activo y monitorización	1	113,3	113,3
<b>TOTAL CAPITULO II</b>					159,85

<b>CAPITULO III: MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA</b>					
Partida	Ud	Descripción	Medición	€/Medición	Total €
3.1	hr	Instalación, montaje y conexionado eléctrico de módulos, cajas, armarios y equipos eléctricos, incluyendo medios mecánicos necesarios.	1	17.200	17.200
<b>TOTAL CAPITULO III</b>					17.200

<b>CAPITULO IV: INGENIERÍA Y DIRECCIÓN DE OBRA</b>					
Partida	Ud	Descripción	Medición	€/Medición	Total €
4.1	pa	Realización del proyecto ejecutivo de la instalación	1	3.500	3.500

4.2	pa	Realización de gestiones y trámites administrativos para la legalización de la instalación.	1	2.500	2.500
4.3	pa	Dirección de obra	1	550	550
<b>TOTAL CAPÍTULO IV</b>					6.550

<b>CAPITULO V: OBRA CIVIL</b>					
<b>Partida</b>	<b>Ud</b>	<b>Descripción</b>	<b>Medición</b>	<b>€/Medición</b>	<b>Total €</b>
5.1	pa	Grúa de tijera para el montaje del campo fotovoltaico (subida de módulos y estructuras en cubierta).	1	95	95
5.2	pa	Colocación de estructuras metálicas de aluminio anodizado.	1	640	640
5.3	pa	Realización de zanja en el para enterrar el tubo de la red desde el CP al cuadro de contadores.	1	420	420
5.4	pa	Realización de hornacina para contadores.	1	310	310
5.5	pa	Mano de obra para colocación de puesta a tierra.	1	325	325
<b>TOTAL CAPITULO V</b>					1790

## 11.2 RESUMEN DEL PRESUPUESTO

DESCRIPCIÓN CAPÍTULOS		Importe (€)
CAPÍTULO I	MÓDULOS FOTOVOLTAICOS, CABLEADO Y OTROS	84.335,72
CAPÍTULO II	SISTEMA DE MONITORIZACIÓN Y LIMITACIÓN	159,85
CAPÍTULO III	MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA	17.200
CAPÍTULO IV	INGENIERÍA Y DIRECCIÓN DE OBRA	6.550
CAPÍTULO V	OBRA CIVIL	1.790
CAPÍTULO VI	GESTIÓN DE RCD'S	146
<b>TOTAL (€)</b>		<b>110.181,47</b>
<b>TOTAL+IVA(€)</b>		<b>133.319,04</b>

## **12 PLANOS**

### **12.1 PLANO 1 - SITUACIÓN**

### **12.2 PLANO 2 - DELIMITACIÓN DE SOMBRAS**

### **12.3 PLANO 3 - COTAS Y DISTANCIAS**

### **12.4 PLANO 4 – ASIGNACIÓN DE INVERSORES Y STRINGS**

### **12.5 PLANO 5 – CABLEADO**

### **12.6 PLANO 6 – UNIFILAR DE CONEXIÓN DE LA INSTALACIÓN**


### **12.7 PLANO 7 – UNIFILAR DETALLE DE INVERSORES**

### **12.8 PLANO 8 – UNIFILAR DE COMUNICACIÓN Y MEDIDA**





**Leyenda**

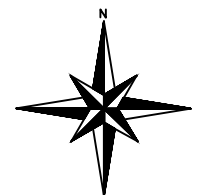
Símbolo	Descripción
	Área identificativa de tejado de industria sobre la que se va a realizar la instalación



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA**

**CAMPUS D'ALCOI**

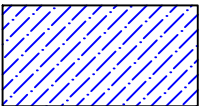

PROYECTO		<b>Instalación fotovoltaica 100 kW</b> <i>sin conexión a red sobre cubierta de industria.</i>	
TITULO DE PLANO		<b>Situación</b>	
ESCALA	SUP. TOTAL=	PLANO No.	
FECHA	09/04/23	CLAVE	<b>1</b>







**Leyenda**

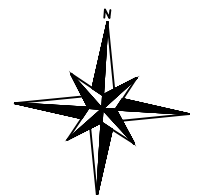
Símbolo	Descripción
	Área de instalación disponible para paneles
	Delimitación por sombras



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA**

**CAMPUS D'ALCOI**

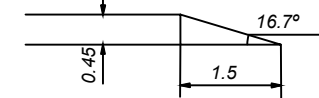
PROYECTO	<b>Instalación fotovoltaica 100 kW</b> <i>sin conexión a red sobre cubierta de industria.</i>		
TITULO DE PLANO	<b>Delimitación de sombreados</b>		
ESCALA	1:66.6	SUP. TOTAL=	PLANO No.
FECHA	09/04/23	CLAVE	<b>2</b>







Representación y cotas de vista de perfil de un diente de los que forman la cubierta



**Leyenda**

Símbolo	Descripción
	Panel solar de 440 W en disposición horizontal, cuyas medidas son: 2094x1038x35
	Cuadro de protecciones de corriente continua
	Cuadro de inversores de 5x3 m
	Cuadro general de mando y protección



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

PROYECTO

**Instalación fotovoltaica 100 kW**

sin conexión a red sobre cubierta de industria.

TITULO DE PLANO

**Cotas y distancias**

ESCALA 1:66.6

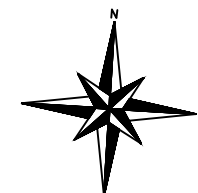
SUP. TOTAL=

PLANO No.

FECHA 09/04/23

CLAVE

**3**







**Leyenda**

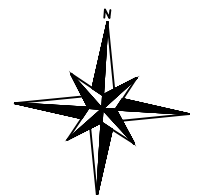
Símbolo	Descripción
—	Línea divisoria entre los diversos grupos de paneles solares pertenecientes a un inversor
I-X	Código idetificativo de cada inversor, sea I el diminutivo de inversor, y X en representación de la numeración de éste.
IX-SX	Código idetificativo de cada string, sea I el diminutivo de inversor, S el diminutivo de string y X en representación de éstos.



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA**

**CAMPUS D'ALCOI**


PROYECTO		<b>Instalación fotovoltaica 100 kW</b> <i>sin conexión a red sobre cubierta de industria.</i>	
TITULO DE PLANO		<b>Distinción de inversores y strings</b>	
ESCALA	1:66.6	SUP. TOTAL=	PLANO No.
FECHA	09/04/23	CLAVE	<b>4</b>


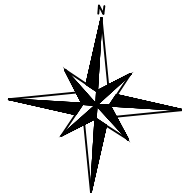






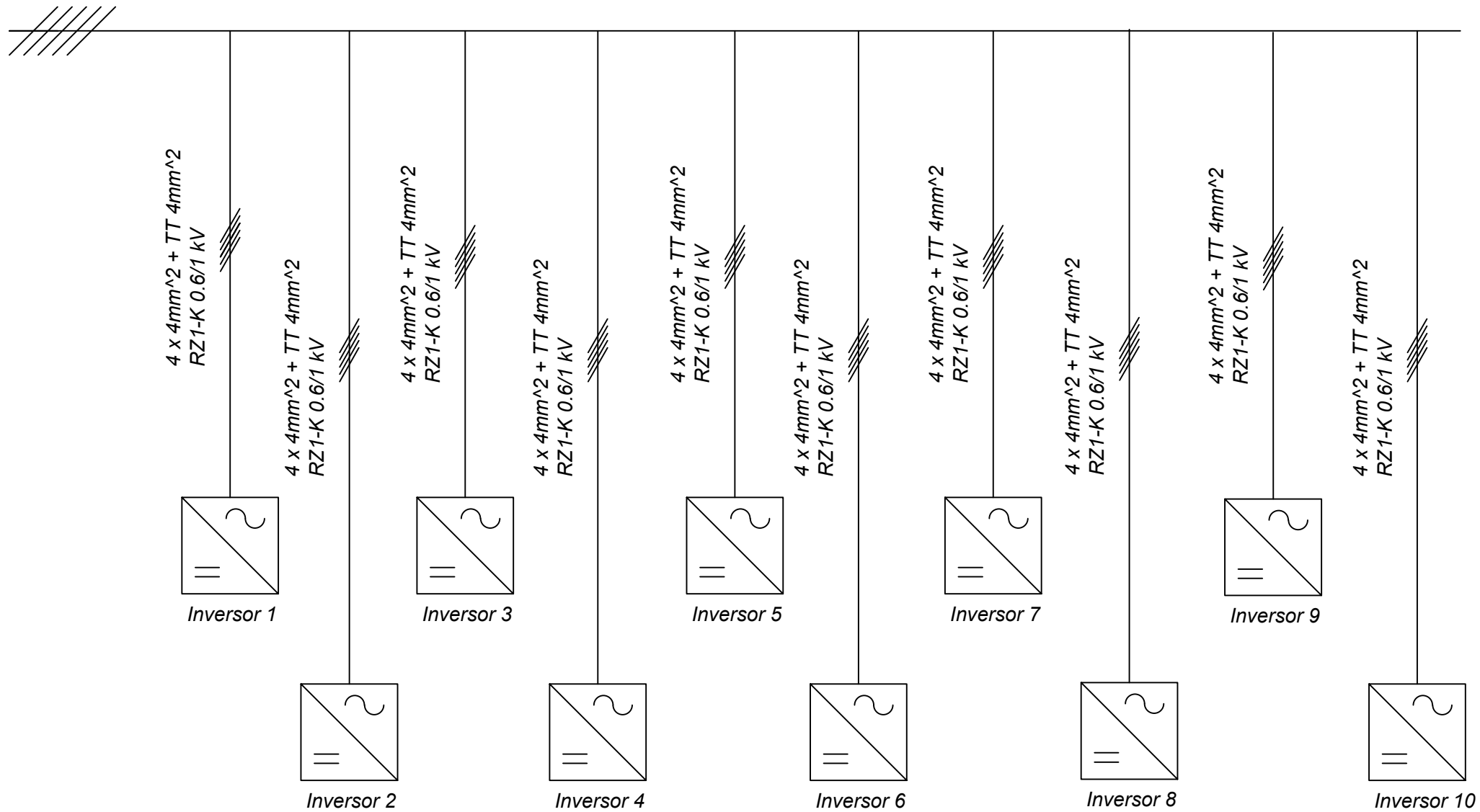
**Leyenda**

Símbolo	Descripción
	Bandeja porta cables o "rejiband" 60 x 35

 <p><b>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</b> CAMPUS D'ALCOI</p>	<b>PROYECTO</b> <i>Instalación fotovoltaica 100 kW</i> <i>sin conexión a red sobre cubierta de industria.</i>			
	<b>TITULO DE PLANO</b> <i>Cableado a cuadro de continúa</i>			
	<b>ESCALA</b> 1:66.6	<b>SUP. TOTAL=</b>		<b>PLANO No.</b>
	<b>FECHA</b> 09/04/23	<b>CLAVE</b>		<b>5</b>



Embarrado general perteneciente al cuadro de mando y protección principal de la instalación de la industria.



**Leyenda**

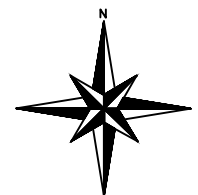
Símbolo	Descripción
	Inversor Huawei-SUN2000-3-10KTL-M1 de 10kW de potencia nominal y 400V de tensión nominal.



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

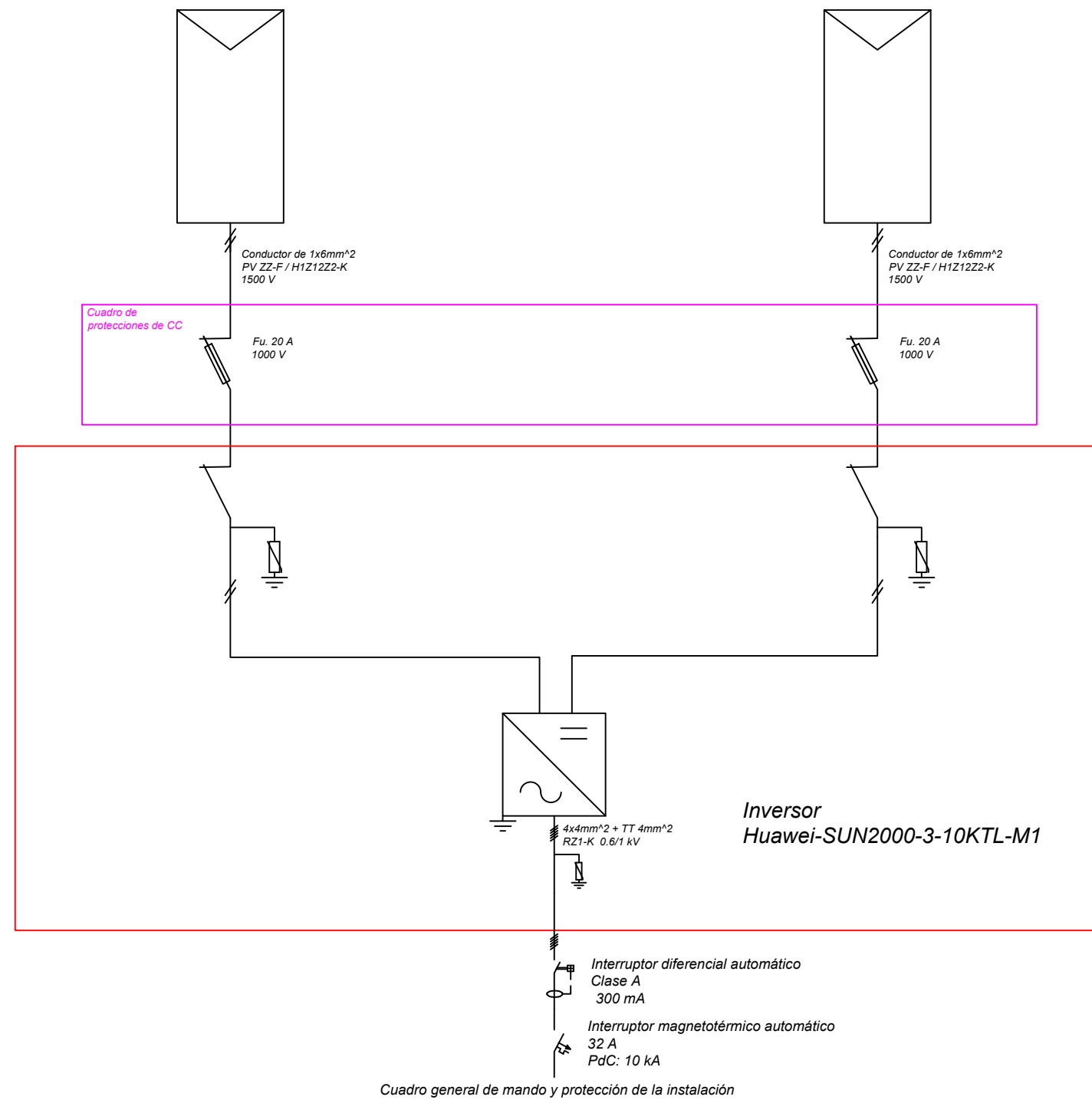
CAMPUS D'ALCOI

PROYECTO	<b>Instalación fotovoltaica 100 kW</b> sin conexión a red sobre cubierta de industria.	
TITULO DE PLANO	<b>Unifilar de la conexión de la instalación</b>	
ESCALA	SUP. TOTAL=	PLANO No.
FECHA 09/04/23	CLAVE	<b>6</b>

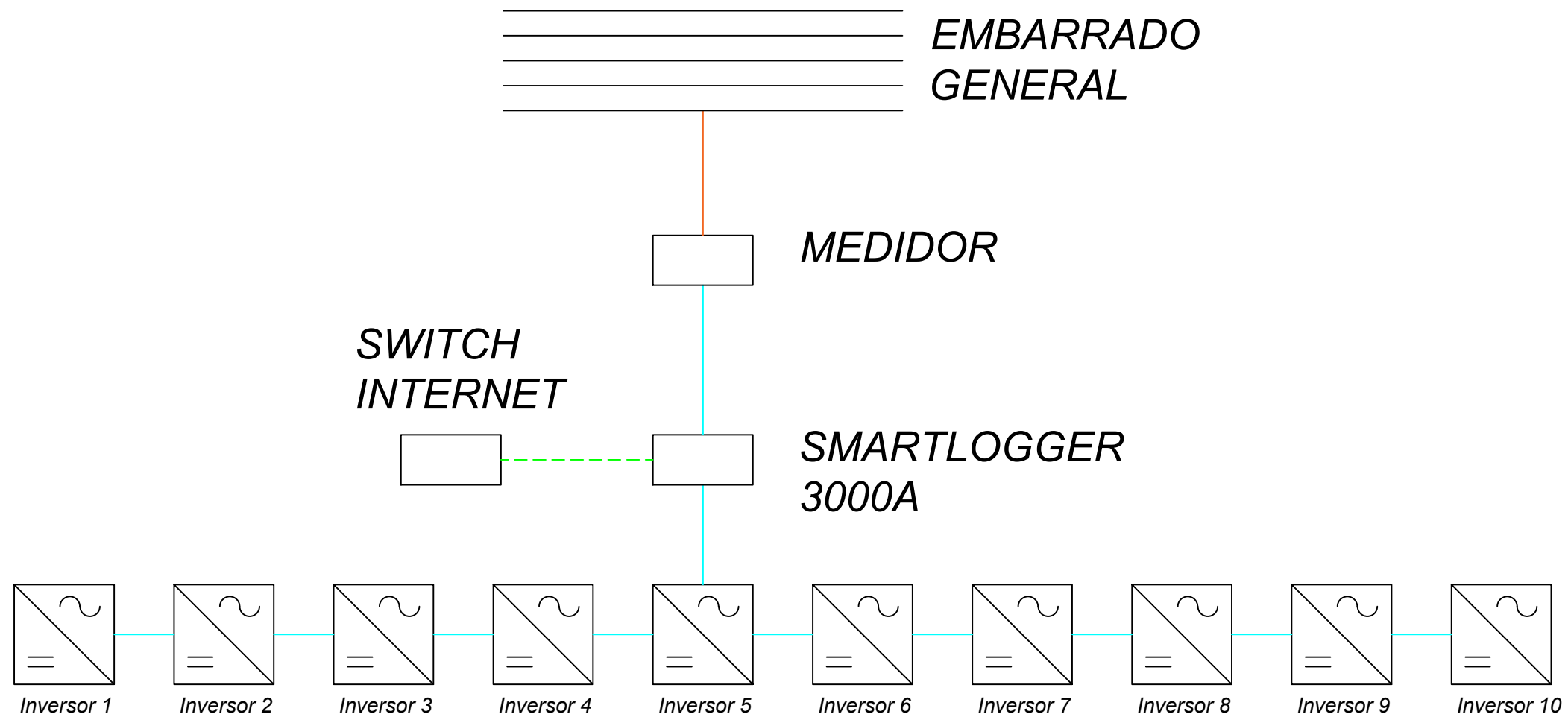


String 1: 14 módulos  
LR4-72HPH 440 W, 400V




String 1: 14 módulos  
LR4-72HPH 440 W, 400V


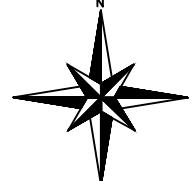


 <b>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</b>  <b>CAMPUS D'ALCOI</b>	<b>PROYECTO</b> <i>Instalación fotovoltaica 100 kW</i> <i>sin conexión a red sobre cubierta de industria.</i>			
	<b>TITULO DE PLANO</b> <i>Unifilar detalle de un inversor (x10)</i>			
	<b>ESCALA</b>	<b>SUP. TOTAL=</b>		<b>PLANO No.</b>
	<b>FECHA</b> 09/04/23	<b>CLAVE</b>		<b>7</b>



**Leyenda**

Símbolo	Descripción
	RS485
	Lectura analógica
	Ethernet

 <b>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</b> <b>CAMPUS D'ALCOI</b>	<b>PROYECTO</b> <i>Instalación fotovoltaica 100 kW</i> <i>sin conexión a red sobre cubierta de industria.</i>			
	<b>TITULO DE PLANO</b> <i>Unifilar comunicación y medida</i>			
	<b>ESCALA</b>	<b>SUP. TOTAL=</b>		<b>PLANO No.</b>
	<b>FECHA</b> 09/04/23	<b>CLAVE</b>		<b>8</b>

### **13. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA**

- Red Eléctrica de España.
  - <https://www.ree.es/es>
- Reglamento Electrotécnico de Baja tensión (Versión actualizada el 18/03/2022)
- Pliego de Condiciones Técnicas de instalaciones Conectadas a Red (IDEA)
- PVGIS
  - [https://joint-research-centre.ec.europa.eu/pvgis-online-tool\\_en](https://joint-research-centre.ec.europa.eu/pvgis-online-tool_en)
- Documento básico de seguridad estructural en instalaciones (Versión actualizada 27/03/2023)