

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ELCHE

GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA



"DIMENSIONAMIENTO Y DISEÑO DE  
INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA  
DE 11 kW<sub>p</sub> PARA AUTOCONSUMO  
SOBRE CUBIERTA DE NAVE  
INDUSTRIAL DEDICADA A LA  
REPARACIÓN DE VEHÍCULOS Y  
MAQUINARIA AGRÍCOLA"

TRABAJO FIN DE GRADO

Septiembre - 2023

AUTOR: Isaac Mena López

DIRECTOR: Fernando Verdú Bernabéu

## ÍNDICE

1.	MEMORIA DESCRIPTIVA.....	8
1.1.	CONSIDERACIONES GENERALES.....	8
1.2.	ANTECEDENTES.....	8
1.3.	OBJETO DEL PROYECTO.....	10
1.4.	PROMOTOR DE LA INSTALACIÓN.....	10
1.5.	CUMPLIMIENTO DEL REGLAMENTO DE BAJA TENSIÓN.....	11
1.6.	NORMATIVA.....	12
1.7.	EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACIÓN.....	15
1.8.	DESCRIPCIÓN GENERAL Y MODALIDAD DE AUTOCONSUMO.....	16
1.9.	DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN Y COMPONENTES.....	17
1.10.	ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE ENERGÍA.....	22
1.11.	ORIENTACIÓN DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.....	25
1.12.	INCLINACIÓN DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.....	27
2.	CÁLCULOS.....	29
2.1.	DIMENSIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN.....	29
2.2.	PÉRDIDAS POR ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN.....	39
2.3.	CONFIGURACIÓN DE LA INSTALACIÓN.....	42
2.4.	SEPARACIÓN ENTRE MÓDULOS.....	46
2.5.	SECCIONES Y CIRCUITOS.....	46
2.6.	PROTECCIONES CORRIENTE CONTINUA.....	55
2.7.	PROTECCIONES CORRIENTE ALTERNA.....	55
2.8.	PUESTA A TIERRA.....	56
2.9.	CÁLCULO ESTRUCTURAL.....	56

2.10.	PUNTO DE ACCESO Y CONEXIÓN.....	65
3.	PRESUPUESTO.....	66
4.	PLIEGO DE CONDICIONES .....	70
4.1.	OBJETO.....	70
4.2.	CONDICIONES GENERALES .....	70
4.3.	SEGURIDAD EN EL TRABAJO .....	70
4.4.	SEGURIDAD PÚBLICA .....	71
4.5.	DATOS DE LA OBRA .....	71
4.6.	REPLANTEO DE LA OBRA .....	72
4.7.	MEJORAS Y VARIACIONES DEL PROYECTO .....	72
4.8.	RECEPCIÓN DEL MATERIAL.....	72
4.9.	ORGANIZACIÓN.....	72
4.10.	FACILIDADES PARA LA INSPECCIÓN .....	73
4.11.	CANALIZACIONES ELÉCTRICAS.....	73
4.12.	IDENTIFICACIÓN DE LAS INSTALACIONES .....	74
4.13.	CAJAS DE EMPALME.....	74
4.14.	LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN Y CANALIZACIÓN .....	75
4.15.	INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS.....	75
4.16.	FUSIBLES .....	76
4.17.	INTERRUPTORES DIFERENCIALES.....	76
4.18.	EQUIPOS DE MEDIDA.....	77
4.19.	PUESTA A TIERRA DE LAS INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS..	77
4.20.	INSPECCIONES Y PRUEBAS EN FÁBRICA .....	78
4.21.	MEDIOS AUXILIARES.....	78
4.22.	EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.....	79
4.23.	SUBCONTRATACIÓN DE LAS OBRAS .....	79

4.24.	PLAZO DE EJECUCIÓN .....	80
4.25.	RECEPCIÓN PROVISIONAL .....	80
4.26.	MANTENIMIENTO .....	80
5.	ANEXO I: FICHAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS INSTALADOS .....	82
6.	ANEXO II: ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD .....	83
6.1.	OBJETO DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD .....	83
6.2.	DATOS GENERALES DEL PROYECTO .....	83
6.3.	JUSTIFICACIÓN ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	83
6.4.	DESCRIPCIÓN DE LA OBRA .....	84
6.5.	INTERFERENCIAS CON SERVICIOS .....	84
6.6.	FASES/ACTIVIDADES PREVISTAS EN LA OBRA .....	85
6.7.	MAQUINARIA PREVISTA EN LA OBRA .....	86
6.8.	IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RIESGOS LABORALES .....	86
6.9.	ANÁLISIS DE LOS RIESGOS LABORALES CLASIFICADOS POR FASES/ACTIVIDADES DE OBRA.....	86
6.10.	ANÁLISIS DE LOS RIESGOS LABORALES CLASIFICADOS POR MAQUINARIA UTILIZADA EN LA OBRA.....	95
6.11.	INSTALACIONES DE SALUBRIDAD .....	100
6.12.	OBLIGACIONES DEL PROMOTOR .....	100
6.13.	COORDINADOR EN MATERIA DE SEGURIDAD Y SALUD .....	101
6.14.	PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD .....	102
6.15.	OBLIGACIONES DE CONTRATISTAS Y SUBCONTRATISTAS .....	102
6.16.	OBLIGACIONES DE LOS TRABAJADORES AUTÓNOMOS.....	104
6.17.	LIBRO DE INCIDENCIAS .....	105
6.18.	PARALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS .....	105
6.19.	DERECHOS DE LOS TRABAJADORES.....	105

7.	MANTENIMIENTO .....	106
7.1.	GENERALIDADES .....	106
7.2.	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO .....	106
8.	PLANOS.....	109



## **ÍNDICE DE FIGURAS**

FIGURA 1: Ubicación de la instalación.....	15
FIGURA 2: Línea de vida .....	21
FIGURA 3: Medio de elevación.....	22
FIGURA 4: Inclinación y orientación de módulos.....	39
FIGURA 5: Curvas de rendimiento.....	41
FIGURA 6: Altura solar a las 10:00h del día más desfavorable del año.....	42
FIGURA 7: Valor básico de la velocidad del viento.....	60
FIGURA 8: Zonas climáticas .....	63

## **ÍNDICE DE TABLAS**

TABLA 1: Periodos facturación eléctrica .....	23
TABLA 2: Consumo de red sin fotovoltaica por periodo .....	23
TABLA 3: Generación orientad completamente al sur.....	26
TABLA 4: Generación con la orientación de la nave .....	26
TABLA 5: Generación con 10° de inclinación.....	27
TABLA 6: Generación con 35° de inclinación.....	27
TABLA 7: Periodos más caros .....	30
TABLA 8: Energía auto consumida anual .....	32
TABLA 9: Energía auto consumida anual € .....	32
TABLA 10: Energía vertida a red .....	33
TABLA 11: Precio de venta energía vertida .....	33
TABLA 12: Resumen consumos/ energía.....	34
TABLA 13: Resumen consumos/ energía €.....	34
TABLA 14: Ahorro anual .....	34

TABLA 15: Flujo de caja .....	35
TABLA 16: TIR .....	38
TABLA 17: Límites de pérdidas .....	39
TABLA 18: Longitud de líneas .....	47
TABLA 19: Características técnicas cableado .....	48
TABLA 20: Resumen datos instalación .....	49
TABLA 21: Datos línea CC .....	50
TABLA 22: Dimensionamiento línea CC .....	51
TABLA 23: Dimensionamiento línea CC (1).....	52
TABLA 24: Datos línea CA .....	53
TABLA 25: Dimensionamiento línea CA .....	54
TABLA 26: Dimensionamiento línea CA (1) .....	55
TABLA 27: Valores característicos de las sobrecargas de uso .....	58
TABLA 28: Coeficientes para tipo de entorno.....	61
TABLA 29: Coeficiente zona climática .....	63

### **ÍNDICE DE GRÁFICAS**

GRÁFICO 1: Consumo de red sin fotovoltaica anual .....	24
GRÁFICO 2: Consumo medio mes de marzo .....	24
GRÁFICO 3: Consumo medio mes de mayo .....	24
GRÁFICO 4: Consumo y producción en un día promedio mensual .....	31
GRÁFICO 5: Flujo de caja.....	36

## **1. MEMORIA DESCRIPTIVA**

### **1.1. CONSIDERACIONES GENERALES**

Se denomina instalaciones fotovoltaicas con autoconsumo a todos aquellos sistemas donde la energía eléctrica generada a partir de los denominados módulos fotovoltaicos se autoconsume.

Dichas instalaciones se pueden dividir en dos tipos: El primer tipo de sistemas son los que están conectados a la red eléctrica, que en cuyo caso se estaría hablando de sistemas con conexión a red. El segundo tipo instalaciones son las que no están conectadas a la red de distribución, que en ese caso se denominan sistemas aislados. En los sistemas conectados a la red de distribución, se puede dar el caso de que la propia instalación genere más energía de la demandada por las cargas, entonces el excedente se verterá a red, o que la generación de energía no sea suficiente, que en ese caso se utiliza la suministrada por la red.

Las instalaciones fotovoltaicas pueden trabajar en paralelo con la red de distribución, así como de forma complementaria. Los sistemas en paralelo trabajan conjunto a la red de distribución de forma que los dos suministran electricidad. Los sistemas complementarios, las cargas se alimentan de otro tipo de fuentes, según la necesidad del usuario.

Los sistemas fotovoltaicos de autoconsumo permiten un elemento de acumulación energético, cuyo fin es el de almacenar dicha energía para poder emplearla en los momentos en los que no se pueda satisfacer la demanda de las cargas o cuando no se genere energía, es decir por la noche.

### **1.2. ANTECEDENTES**

Hace algún tiempo que comunidades de científicos y expertos insisten en la necesidad de cambiar el modelo energético actual. Algunas de las principales causas son:

- La limitación de los recursos energéticos combustibles, como el petróleo, gas, carbón, o cualquier otro mineral que sea extraído de la de la tierra. Por ende, hay que buscar algunas alternativas energéticas que no acaben agotando el planeta.
- La emisión de gases de efecto invernadero tras la combustión de elementos, muchos de ellos perjudiciales para el planeta. Si ponemos el ejemplo de la tecnología nuclear, si los sistemas de seguridad llegan a fallar, los riesgos para la salud humana son muy altos. En cualquier caso, utilizar fuentes tradicionales de combustibles para generar energía acarrearán una degradación paulatina del medio ambiente.
- En nuestra vida, la energía eléctrica está muy presente. Día tras día las actividades de los seres humanos requieren más y más energía eléctrica, lo que la convierte en la energía más necesaria y demandada. Por este motivo, es vital que toda la población mundial pueda acceder a ella.

Existe por tanto una necesidad de buscar nuevas formas de generación de energía que no tengan las consecuencias negativas expuestas anteriormente, y que permitan generar energía eléctrica en cualquier parte del mundo, siendo respetuosas con el medio ambiente.

Una de estas formas de generación es precisamente la transformación de energía solar en energía eléctrica mediante el efecto fotovoltaico. Por sus características estos sistemas son muy sencillos de instalar, versátiles y por ello una opción interesante a tener en cuenta.

En los últimos años la evolución tecnológica y de producción de los elementos que integran estos sistemas, ha mejorado notablemente las características técnicas de los mismos. Y, por otro lado, la fabricación a gran escala ha hecho que en los últimos años su coste haya disminuido considerablemente. Por ejemplo, un precio del panel fotovoltaico en el año 2008 rondaba en el orden de los 3 euros/watio pico, mientras que actualmente ronda en el orden de 0,5 euros/watio pico. Es decir, una sexta parte menos en lo que se refiere al elemento fundamental de estos sistemas.

Otro aspecto fundamental a tener en cuenta para la implantación de este tipo de instalaciones es la normativa legal que exista al respecto en cada momento. Hace unos años en España, la normativa favorecía que los inversores apostaran por las instalaciones fotovoltaicas. Las instalaciones se amortizaban en pocos años y la rentabilidad posterior

durante un periodo largo de tiempo hacía de este tipo de inversiones unas de las más interesantes, tanto para grandes como para pequeños inversores.

A partir de 2011 este aspecto dio un giro inesperado, llegando al extremo opuesto de forma que la energía vertida a la red se devaluaba de forma drástica y se penalizaba de forma importante este tipo de instalaciones respecto al escenario previo, paralizándose toda posible inversión en este sector.

Analizando esta problemática de forma objetiva, existen dos aspectos a tener en cuenta a la hora de prever el futuro de este tipo de producción de energía.

Por un lado, atendiendo al medio ambiente, sería conveniente que este tipo de sistemas fueran implantándose progresivamente.

Por otro lado, realizar un estudio económico para ver si estos sistemas pueden ser competitivos comparados con las otras fuentes de energía.

En el aspecto medioambiental siempre será favorable para que se potencie la implantación de los sistemas fotovoltaicos, pero económicamente hablando si estos sistemas no son competitivos, se producirá un conflicto de intereses. En cambio, si el coste de la energía fotovoltaica generada fuese similar o menor que el coste de la energía que se genera mediante las fuentes no renovables no habría conflicto de intereses por ningún lado.

### 1.3. OBJETO DEL PROYECTO

El objeto del presente proyecto es el de diseñar y dimensionar una instalación de generación de electricidad por medio de la tecnología fotovoltaica, así como exponer ante los organismos competentes que la instalación cumple con la normativa vigente.

La instalación permitirá un ahorro en la factura de la luz al cliente debido al uso del sol como generación, así como un ahorro energético reduciendo también las emisiones de  $CO_2$ .

Se realizará también un análisis económico para determinar la viabilidad o el interés desde el punto de vista de inversión, con la actual normativa de remuneración para la energía generada por estos sistemas.

### 1.4. PROMOTOR DE LA INSTALACIÓN

Nombre: Isaac Mena López

C.I.F.: A-03475111

Domicilio: Avd Pedro Muñoz, 20

Localidad: Mota del Cuervo

Teléfono: 610339620

### 1.5. CUMPLIMIENTO DEL REGLAMENTO DE BAJA TENSIÓN

Se ha tenido en cuenta el REBT y sus instrucciones complementarias, especialmente la ITC BT-40 “Instalaciones Generadoras en Baja Tensión”.

La instrucción anteriormente mencionada se aplica a aquellas instalaciones destinadas a la transformación de cualquier tipo de energía no eléctrica en energía eléctrica.

Dicha instalación, se clasifica como una instalación generadora interconectada puesto que normalmente, trabaja de forma paralela con la red de distribución.

El emplazamiento donde se instalarán los paneles fotovoltaicos será en la cubierta de la nave industrial ubicada en el Polígono de la Serna, Nº 51, 16630 Mota del Cuervo. Dicha instalación se realizará mediante módulos solares los cuales serán montados sobre una estructura de aluminio. Por la forma de la instalación y las condiciones del terreno no será necesario tomar medidas especiales contra incendios.

Para la redacción de esta memoria se contemplan las condiciones que la compañía distribuidora ha fijado. La potencia máxima de la instalación interconectada con la red de distribución estará condicionada por la tensión de servicio, potencia de cortocircuito, potencia consumida en la red de baja tensión, etc.

La instalación generadora estará conectada a un cuadro de Baja tensión donde se encontrarán los elementos de protección tanto en continua como alterna.

- Equipos de maniobra.

Los interruptores generales para el corte de la instalación se ubicarán en el origen de esta y en un único punto y accesible para la empresa distribuidora.

Estas protecciones garantizan que ante una posible falta no se vea afectado el correcto funcionamiento de la red a la que se encuentra conectada y en caso de defecto, la instalación quede correctamente desconectada de la red de distribución.

- Cables de conexión.

El cableado se dimensionará para intensidad superior al 125 % de la intensidad máxima del generador. La caída de tensión entre la red de distribución y el punto de interconexión no podrá sobrepasar el 1,5% de la intensidad nominal.

- Protecciones.

Los circuitos de salida de los generadores contendrán las protecciones establecidas en las ITC de aplicación correspondientes. Las protecciones mínimas serán:

- De sobreintensidad.
- De sobretensión, conectada entre una fase y neutro, cuya actuación debe producirse en un tiempo inferior a 0,5 segundos, a partir de que la tensión llegue a un valor del 110% del asignado.
- De mínima tensión instantáneo, conectadas entre las fases y neutro, cuya actuación debe producirse en un tiempo inferior a 0,5 segundos, a partir de que la tensión llegue a un valor del 85% del asignado. Incluida en el inversor.
- De mínima y máxima frecuencia, conectado entre fases y neutro, cuya actuación se debe producir cuando la frecuencia sea inferior a 49 Hz o superior a 51 Hz durante mas de 5 periodos. Incluida en el inversor.

## 1.6. NORMATIVA

Para el presente proyecto, se utilizará la normativa indicada a continuación:

- Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.
- Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico (BOE nº285 de 28/11/1997).
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. Documento Básico HE 5 “Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica”.

- Real Decreto – Ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.
- Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo.
- Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos
- Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.
- Resolución de 31 de mayo de 2001 por la que se establecen modelo de contrato tipo y modelo de factura para las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.
- Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 2351/2004, de 23 de diciembre, por el que se modifica el procedimiento de resolución de restricciones técnicas y otras normas reglamentarias del mercado eléctrico.
- Pliego de Condiciones Técnicas para Instalaciones Conectadas a Red, publicado por el IDAE.
- Pliego de Condiciones Técnicas para Instalaciones Aisladas, publicado por el IDAE.
- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico, (BOE nº310 de 27 de diciembre de 2013).
- 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. (BOE nº295 de jueves 8 de diciembre de 2011).
- Orden del 9 de marzo de 1971, por el que se aprueba la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el trabajo.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.

- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones Mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. Y Real Decreto 486/1997, de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones Mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Reglamento de Acometidas Eléctricas (Aprobado por Real Decreto 2944/1982, de 15 de octubre, BOE 12/11/1982).
- Normas UNE de obligado cumplimiento.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las Disposiciones Mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Real Decreto 1495/1986, modificada por Real Decreto 830/1991, por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad en las máquinas.
- Real Decreto 1435/1992, modificado por Real Decreto 56/1995, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre las máquinas.
- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por trabajadores de equipos de protección individual.
- Real Decreto 1215/1997, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 1407/1992, modificado por Real Decreto 159/1995, sobre condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual – EPI.

### 1.7. EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACIÓN

La ubicación del edificio donde se proyecta la instalación solar fotovoltaica se encuentra en el Polígono de la Serna, n°51, 16630 Mota del Cuervo.

La instalación se ubicará en la cubierta del edificio, mediante el uso de un sistema de anclajes de aluminio. El establecimiento es una edificación de tipología industrial con aproximadamente  $636 \text{ m}^2$  de cubierta.

Las coordenadas del emplazamiento son:

- Latitud:  $39^{\circ}29'20,60''$  N
- Longitud:  $2^{\circ}59'33,5''$  O

La instalación está a 701 metros sobre el nivel del mar. El edificio está orientado al sur. Esta disposición y la ausencia de edificios cercanos de gran altura que pudieran generar sombras ayudará a la generación de energía.



FIGURA 1: Ubicación de la instalación

## 1.8. DESCRIPCIÓN GENERAL Y MODALIDAD DE AUTOCONSUMO

La instalación objeto del proyecto la energía procedente de la radiación solar en energía eléctrica alterna de 400 V, la cual, será inyectada en la instalación de baja tensión de la nave industrial.

Los módulos fotovoltaicos serán los encargados de convertir la energía procedente de la radiación solar en energía eléctrica. Estos irán anclados en unas estructuras fijas.

La energía generada mediante los módulos fotovoltaicos es en forma de corriente continua, son los inversores los encargados de transformarla en corriente alterna y de inyectarla en la instalación eléctrica de la nave industrial.

Para garantizar la integridad física de las personas, así como la calidad de suministro y evitar averías en la red de distribución, la instalación contará con todos los elementos de protección necesarios, como interruptores automáticos de corte, seccionadores, magnetotérmicos, etc...

La instalación de autoconsumo se acogerá a la modalidad de autoconsumo con excedentes mediante compensación simplificada, según el Real Decreto 244/2019, del 5 de abril, por el que se regulan las condiciones técnicas, económicas y administrativas del autoconsumo de energía eléctrica, puesto que la instalación puede, además de suministrar energía para autoconsumo, inyectar los excedentes de energía generada a la red de distribución. En estos casos el sujeto consumidor y productor es el mismo.

- Modulo fotovoltaico.

El módulo elegido para llevar a cabo el presente proyecto es el LR4-60HPH monocristalino, con una potencia pico de 350 W. Se ha escogido este módulo por su gran calidad y fiabilidad con el paso de los años. Según el fabricante, asegura que la degradación anual no sobrepasa el 0,55%, logrando un rendimiento de 84,8% tras 25 años de uso.

Con unas dimensiones de 1776x1052x35 mm y un peso de 20 kg, tiene una eficiencia de casi un 20%, con una baja degradación anual.

La elección del módulo se ha hecho en base a su reducida longitud para no verse afectado por la sombra del peto que tiene la nave en su cubierta.

- Inversor.

El inversor seleccionado es el Fronius Symo 10.0-3-M. Tiene una potencia nominal de 10000 W con un rendimiento del 97,4% y 15 kWp que nos permitirá aprovechar al máximo la potencia generada por los módulos.

Tiene una alta precisión en la medida y una rápida comunicación. Además, tiene dos seguidores de punto de máxima potencia, por lo que los módulos pueden trabajar produciendo la máxima energía de forma más eficaz.

La salida es de corriente alterna trifásica, por ello es posible realizar la conexión en el punto de acceso de la red eléctrica o en el cuadro eléctrico del edificio.

Su protección IP 65 proporciona una gran resistencia contra la entrada de materiales sólidos y contra el agua por lo que puede ser instalado tanto en interiores como exteriores.

- Meter

El meter es un contador bidireccional que optimiza el autoconsumo, controla los diferentes flujos de energía y registra la curva de consumo. Se ha elegido Fronius Smart meter TS, el cual tiene una gran precisión en la medición y una rápida comunicación a través de la interface Modbus RTU.

## 1.9. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN Y COMPONENTES

La instalación irá sobre una estructura de anclaje de aluminio de alta calidad para evitar futuros problemas por corrosión. Aluminio Aleación EN-AW6005A-T6, la cual esta acogida a la normativa del Eurocódigo 9 (cumpliendo con todas las normativas requeridas por dicho documento para la Unión Europea). La estructura debe ser capaz de soportar el peso de los módulos y las sobrecargas por nieve y viento, según el Documento Básico DB SE-AE: Acciones en la edificación del Código Técnico de la Edificación.

El sistema de fijación de la estructura será mediante tornillos de doble rosca para evitar aplastamientos de cubierta. La fijación de los módulos se realizará con omegas intermedias y finales. El tornillo de doble rosca contiene una arandela de epdm que nos garantizará la estanqueidad en la unión en la zona cresta de la cubierta donde se fijaran los rastreles de la estructura de aluminio a las correas. A esta unión también se le pondrá en la zona de taladro un cordón de polímero sellador, para reforzar el sellado.

Dicha tornillería será de acero inoxidable AISI 304 (A2-70) o galvanizado, mientras que la tornillería de la fijación será de acero inoxidable, según la norma MV-106 sobre tornillos ordinarios y calibrados, tuercas y arandelas de acero para estructuras de acero laminado.

El generador fotovoltaico eléctricamente a los inversores mediante cajas de conexión, que incorporarán diodos de derivación para evitar una posible rotura del circuito interior del módulo.

Los conductores de la instalación serán de cobre y de sección suficiente para evitar caídas de tensión, así como minimizar las pérdidas por efecto Joule. De forma general, tanto los conductores de alterna como de continua estarán dimensionados para que la caída de tensión global no sea superior al 1,5%.

Todo el cableado de continua será el adecuado para uso en intemperie de acuerdo con la norma UNE 21123. Los positivos y negativos de cada grupo de módulos se conducirán separados y protegidos de acuerdo con la normativa vigente.

Para la colocación y tendido del cableado se seguirá lo indicado en las instrucciones ITC-BT 07, ITC-BT 19, ITC-BT 20 y ITC-BT 21.

El aislamiento del cable será 0,6/1 kV, utilizándose los colores fijados en la norma UNE 21089 para distinguir los diferentes conductores aislados.

Negro: Fase.

Marrón: Fase.

Gris: Fase.

Azul claro: Neutro.

Azul/Negro: Negativo.

Rojo/Marrón: Positivo.

Cada extremo de los cables habrá de suministrarse con un medio autorizado de identificación. Dicho medio será etiquetas de plástico rotulado, sujetas firmemente al cable o cajetín que precinta el cable.

En lo referente a la instalación de puesta a tierra, ésta cumplirá con todo lo dispuesto en el artículo 15 del R.D. 1699/2011 sobre las condiciones de puesta a tierra en instalaciones

fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión y en la norma UNE-EN 61173 sobre la protección contra sobretensiones de los sistemas fotovoltaicos productores de energía.

De acuerdo con el REBT, la red de tierras donde estarán conectadas todas las mesas de la instalación fotovoltaica debe ser independientes de la del neutro de la empresa suministradora, así como de las masas del resto del suministro.

Dicha red de tierras se debe realizar mediante picas de cobre. La configuración de las picas será redonda y de alta resistencia, asegurando la máxima rigidez para facilitar la introducción en el terreno.

Para la puesta a tierra de la instalación se seguirá lo dispuesto en la instrucción ITC-BT 18.

En lo que respecta a armónicos y compatibilidad electromagnética en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de distribución se cumplirá con lo dispuesto en el artículo 13 del R.D. 1663/2000.

- Elementos de protección.

El sistema de protecciones cumplirá con las exigencias de la reglamentación vigente. De forma general, el conjunto de protecciones instaladas será el siguiente:

- Interruptor magnetotérmico con intensidad de cortocircuito superior a la indicada por la empresa distribuidora en el punto de conexión. Para poder realizar la desconexión manual, estará colocado en un lugar accesible para la empresa distribuidora en todo momento. Este dispondrá de enclavamiento.

Además, existirán las siguientes protecciones internas:

- Interruptor automático de la interconexión: permite la conexión y desconexión con la instalación interior del establecimiento.
- Interruptor magnetotérmico: Protegerá la parte de alterna de la instalación, así como las fases, de posibles sobreintensidades.
- Interruptor automático diferencial: Este dispositivo protege a las personas en caso de derivación de algún elemento de la parte de alterna de la instalación. Sus características técnicas se ceñirán a lo establecido en la norma UNE 20283 y deberán llevar impresa la marca de conformidad a Norma UNE.

- Protección de máxima y mínima tensión, máxima y mínima frecuencia: Se encuentra en el propio inversor mediante su programación.
  - Separación Galvánica: La instalación debe disponer de una separación galvánica entre la instalación fotovoltaica y la red de distribución por medio de un transformador de seguridad que cumpla la Norma UNE 60742.
  - Limitador de sobretensiones permanentes y transitorias: Protege la instalación contra sobretensiones.
- Elementos de medida.

En base al Real Decreto-ley 15/2018, del 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores, se dispondrá de los equipos de medida estrictamente necesarios para la correcta facturación de los precios, tarifas, cargos o peajes que resulten de aplicación.

Los puntos de medida se ajustarán a lo establecido en el Real Decreto 1110/2007, del 24 de agosto, con objeto de garantizar la correcta gestión técnica del sistema eléctrico y la obtención de los datos requeridos para la liquidación de la energía y servicios asociados, así como para el cálculo de la facturación de las tarifas de acceso y suministro, en aplicación del régimen económico de las actividades de dicho sistema.

- Elementos de sujeción.

Para la ejecución de la instalación serán necesarios medios de sujeción homologados. Se requerirá trabajo en altura, el cual implica riesgo especial para la seguridad y salud de los trabajadores. Incluido en el Anexo II del Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre.

Durante todo el tiempo que dure el trabajo los operarios deberán permanecer atados. En caso de ser necesario, utilizarán una línea de vida y en su defecto un cabo de doble anclaje. De acuerdo con el DB SUA del CTE en el apartado 3.2.1 hace referencia a “una altura de 0,90 m cuando la diferencia de cota que protegen no exceda de 6 m y de 1,10 m en el resto de los casos, excepto en el caso de huecos de escaleras de anchura menor que 40 cm, en los que la barrera tendrá una altura de 0,90 m, como mínimo”. Como se podrá ver más adelante en los planos, existen petos laterales en todo el perímetro de la nave con altura mayor a 1,10; cumpliendo con el requisito mínimo en cualquier altura. Aun así, se instalará una línea de vida para mayor seguridad.

Para ello se utilizará una línea de vida homologada de 29,16 metros en horizontal y línea recta, con anclajes cada 7,3 metros. Cumplirá con las normas EN 795-C y EN 353-1. También contará con un punto de anclaje 795-A de acceso desde el perímetro de la cubierta a la cumbrera.



FIGURA 2: Línea de vida

- Medios de elevación.

El medio de elevación previsto para este proyecto será:

Una plataforma elevadora eléctrica de brazo articulado ALO LIFT 16 AJE, con capacidad de 230 kg y 16 m de altura. Su ficha técnica y especificaciones vendrán más detallados en el futuro Plan de Seguridad y Salud.

Cualquier otro medio adicional para elevar los materiales y al personal de montaje se decidirá en el replanteo de la obra y con la previa comunicación del Director de Obra al promotor.



FIGURA 3: Medio de elevación

#### 1.10. ANALISIS DE LA DEMANDA DE ENERGÍA.

Para realizar un dimensionamiento lo más adecuado posible de nuestra instalación será necesario estudiar demanda energética, tanto la media mensual como la media horaria de cada mes. De esta manera podremos ver si la demanda energética de la empresa es estable a lo largo del año o tiene meses de mayor demanda que otros.

El análisis del consumo horario nos puede aclarar la forma en la que la empresa demanda la energía a lo largo del día y si una instalación fotovoltaica sería conveniente. Este análisis horario también es importante de cara a la compensación económica que se puede obtener por cada kWh de excedente que se vierte a red.

Para el estudio la empresa ha proporcionado los datos de consumo de los 365 días del año 2022. Se tienen los datos en kWh de las 24 h de cada uno de los 365 días y se han apilado en una hoja Excel.

Tenemos contratada una tarifa 3.0 TD para el suministro en baja tensión dividido en 6 periodos distintos (de P1 a P6), teniendo también 6 tramos de potencia contratada.

PROYECTO: DIMENSIONAMIENTO Y DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA SOBRE CUBIERTA DE NAVE INDUSTRIAL

En la siguiente tabla encontramos la distribución de dichos periodos para cada día de cada mes durante las 24 h.

Mes- hora	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
enero	6	6	6	6	6	6	6	6	2	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2
febrero	6	6	6	6	6	6	6	6	2	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2
marzo	6	6	6	6	6	6	6	6	3	2	2	2	2	2	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3
abril	6	6	6	6	6	6	6	6	5	4	4	4	4	4	5	5	5	5	4	4	4	4	5	5
mayo	6	6	6	6	6	6	6	6	5	4	4	4	4	4	5	5	5	5	4	4	4	4	5	5
junio	6	6	6	6	6	6	6	6	4	3	3	3	3	3	4	4	4	4	3	3	3	3	4	4
julio	6	6	6	6	6	6	6	6	2	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2
agosto	6	6	6	6	6	6	6	6	4	3	3	3	3	3	4	4	4	4	3	3	3	3	4	4
septiembre	6	6	6	6	6	6	6	6	4	3	3	3	3	3	4	4	4	4	3	3	3	3	4	4
octubre	6	6	6	6	6	6	6	6	5	4	4	4	4	4	5	5	5	5	4	4	4	4	5	5
noviembre	6	6	6	6	6	6	6	6	3	2	2	2	2	2	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3
diciembre	6	6	6	6	6	6	6	6	2	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2
sábado	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
domingo	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6

TABLA 1: Periodos facturación eléctrica

En la siguiente tabla se muestra, en base a los datos proporcionados por la empresa durante el año 2022, los consumos promedios de todos los meses en cada uno de los 6 periodos.

CONSUMO DE RED SIN FOTOVOLTAICA kWh						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
ENERO	979,3	628,4	0,0	0,0	0,0	638,3
FEBRERO	892,3	535,6	0,0	0,0	0,0	529,0
MARZO	0,0	1049,8	702,2	0,0	0,0	689,7
ABRIL	0,0	0,0	0,0	563,9	393,2	563,0
MAYO	0,0	0,0	0,0	510,2	342,3	551,5
JUNIO	0,0	0,0	561,7	464,8	0,0	502,5
JULIO	736,9	474,5	0,0	0,0	0,0	788,1
AGOSTO	0,0	0,0	731,5	451,9	0,0	677,0
SEPTIEMBRE	0,0	0,0	679,3	612,1	0,0	588,2
OCTUBRE	0,0	0,0	0,0	396,8	312,0	501,6
NOVIEMBRE	0,0	854,3	536,3	0,0	0,0	569,4
DICIEMBRE	808,8	493,6	0,0	0,0	0,0	590,5
TOTAL	3417,3	4036,1	3211,0	2999,7	1047,5	7188,7

TABLA 2: Consumo de red sin fotovoltaica por periodo

PROYECTO: DIMENSIONAMIENTO Y DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA SOBRE CUBIERTA DE NAVE INDUSTRIAL

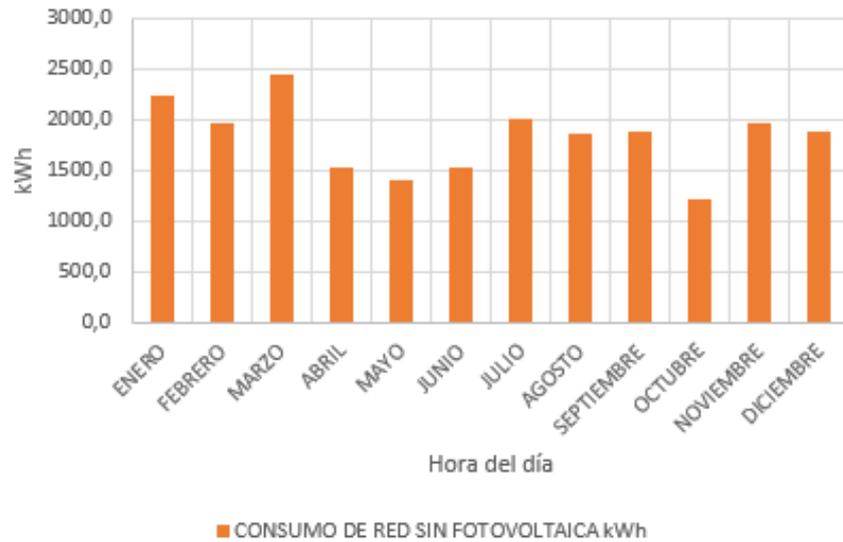


GRÁFICO 1: Consumo de red sin fotovoltaica anual

En las siguientes tablas se muestra el consumo promedio diario de un mes. A modo de resumen se mostrarán las tablas del mes de marzo y mayo ya que son los más dispares en cuanto a consumo se refiere.



GRÁFICO 2: Consumo medio mes de marzo

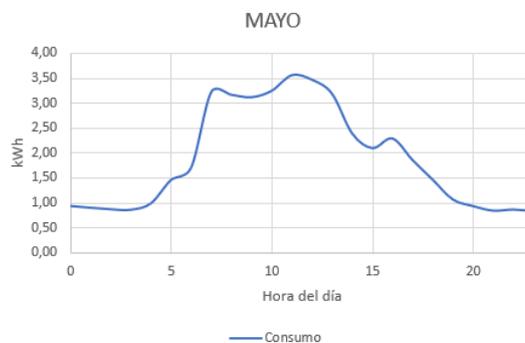


GRÁFICO 3: Consumo medio mes de mayo

De estas tablas concluimos que la empresa tiene los consumos en horario laboral normal (7:00 – 18:00). No encontramos consumos elevados más allá del de las máquinas que se encuentren en Stand By durante horario nocturno. De esta manera una instalación fotovoltaica es más recomendable ya que se podrá compensar los picos de demanda en las horas centrales del día donde más energía se genera, y no tendremos ni consumo ni generación en las horas de oscuridad.

#### 1.11. ORIENTACIÓN DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.

Para que la instalación tenga un funcionamiento adecuado, la orientación que se les proporciona a los módulos solares, es fundamental. La orientación óptima es el sur geográfico.

Según la figura anterior, la orientación de la nave donde se va a realizar la instalación no está completamente al sur, sino que tiene una desviación de 31,55°. Por lo tanto, hay que realizar una comprobación por si es preferible orientar los módulos completamente al sur u orientarlos con la desviación del edificio.

##### - Módulos orientados completamente al sur

Se utilizará la herramienta PVGIS, el cual es capaz de calcular la orientación e inclinación óptima para una ubicación en particular. También es capaz de realizar una estimación de la energía que generaría la instalación durante todo un año, por lo que se estudiarán las dos orientaciones y se compararán para ver cuál es la más idónea.

Si orientamos los módulos completamente al sur obtenemos:

Mes	Ed	Em	Hd	Hm
<b>1</b>	26,85	832,31	2,96	91,65
<b>2</b>	35,15	984,24	3,89	108,92
<b>3</b>	44,55	1380,9	4,99	154,77
<b>4</b>	52,33	1569,89	6,04	181,07
<b>5</b>	58,81	1823,26	6,98	216,49
<b>6</b>	63,59	1907,83	7,78	233,46
<b>7</b>	65,26	2023,06	8,13	252,17
<b>8</b>	59,53	1845,5	7,38	228,63
<b>9</b>	50,01	1500,2	6	179,96
<b>10</b>	38,77	1201,92	4,49	139,33
<b>11</b>	28,59	857,83	3,2	96,15
<b>12</b>	24,84	769,92	2,76	85,41
<b>Media anual</b>	45,74	1391,4	5,39	164

TABLA 3: Generación orientad completamente al sur

Ed: Producción de electricidad media diaria por el sistema dado (kWh).

Em: Producción de electricidad media mensual por el sistema dado (kWh).

Hd: Media diaria de la irradiación global recibida por metro cuadrado por los módulos del sistema dado (kWh/m<sup>2</sup>).

Hm: Suma media de la irradiación global por metro cuadrado recibida por los módulos del sistema dado (kWh/m<sup>2</sup>).

- **Módulos orientados con la desviación del edificio respecto al sur**

En el caso de que orientemos la instalación a -31,55°, obtenemos:

Mes	Ed	Em	Hd	Hm
1	25.89	802.73	2.86	88.71
2	34.23	958.31	3.79	106.1
3	44.02	1364.5	4.93	152.83
4	52.06	1561.78	5.99	179.81
5	58.8	1822.82	6.97	216.08
6	63.76	1912.66	7.79	233.79
7	65.27	2023.3	8.12	251.79
8	59.22	1835.88	7.32	226.94
9	49.42	1482.48	5.92	177.69
10	37.96	1176.83	4.4	136.37
11	27.62	828.54	3.1	93.1
12	23.75	736.38	2.65	82.02
<b>Media anual</b>	<b>45.22</b>	<b>1375.52</b>	<b>5.33</b>	<b>162.1</b>
<b>Suma anual con orientación 0°</b>			<b>16696,86 kWh</b>	
<b>Suma anual con orientación -31,55°</b>			<b>16506,21 kWh</b>	

TABLA 4: Generación con la orientación de la nave

Una vez obtenidos los datos de PVGIS, vemos que opción se adapta mejor a nuestro proyecto, se calculará en tanto por cien, cuanta energía pierde la orientación a -31,55° respecto al sur puro. Para ello:

$$\frac{16696,86 - 16506,21}{16696,86} \cdot 100 = 1,14\%$$

Como la variación es muy poco significativa estarán orientados conforme a la nave y no al sur puro.

## 1.12. INCLINACIÓN DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.

Para el cálculo de inclinación seguiremos un proceso similar al anteriormente realizado.

En primer lugar, obtendremos mediante PVGIS, los datos de la generación de energía estimada para una inclinación de 10°, es decir, coplanar a nuestra cubierta.

Mes	Ed	Em	Hd	Hm
1	26.8	830.73	2.86	88.71
2	35.42	991.74	3.79	106.1
3	45.55	1412.09	4.93	152.83
4	53.88	1616.26	5.99	179.81
5	60.85	1886.41	6.97	216.08
6	65.98	1979.39	7.79	233.79
7	67.54	2093.88	8.12	251.79
8	61.29	1899.92	7.32	226.94
9	51.14	1534.2	5.92	177.69
10	39.29	1217.88	4.4	136.37
11	28.58	857.44	3.1	93.1
12	24.58	762.07	2.65	82.02
<b>Media anual</b>	<b>46.8</b>	<b>1423.5</b>	<b>5.33</b>	<b>162.1</b>

TABLA 5: Generación con 10° de inclinación

A continuación, obtendremos los datos de generación de energía para la inclinación óptima que nos aporta la herramienta PVGIS, la cual es de 35°.

Mes	Ed	Em	Hd	Hm
1	36.13	1120.12	3.79	117.5
2	43.17	1208.89	4.59	128.62
3	50.46	1564.3	5.46	169.26
4	54.71	1641.28	6.1	182.91
5	58.19	1803.97	6.67	206.75
6	61.07	1832.01	7.22	216.63
7	63.08	1955.35	7.6	235.52
8	60.71	1881.86	7.26	225.14
9	54.94	1648.31	6.38	191.38
10	46.37	1437.38	5.19	160.88
11	37.06	1111.94	3.98	119.35
12	34.29	1062.93	3.6	111.66
<b>Media anual</b>	<b>50.05</b>	<b>1522.36</b>	<b>5.66</b>	<b>172.13</b>

**Suma anual con inclinación 10°** 18505,51 kWh

**Suma anual con inclinación opt 35°** 19790,7 kWh

TABLA 6: Generación con 35° de inclinación

Una vez obtenida la comparativa, vemos el porcentaje de la energía perdida de una inclinación con respecto a la otra.

$$\frac{19790,7 - 18505,51}{19790,7} \cdot 100 = 6,49\%$$

Como podemos comprobar, se trata de una diferencia muy pequeña y por tanto concluimos la ganancia en generación eléctrica, no compensa el coste de una estructura para alcanzar los 35° de inclinación y por tanto no es rentable.



## 2. CÁLCULOS.

### 2.1. DIMENSIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN.

La instalación proyectada debe ser lo más adecuada a la empresa a la que va a dar el servicio. Esto se puede conseguir siguiendo diversos objetivos. En nuestro caso se nos pide la máxima rentabilidad de la inversión buscando maximizar los beneficios por cada euro invertido. Estos dimensionamientos se pueden conseguir por ejemplo usando toda la cubierta disponible.

En nuestro caso debido a que el consumo no es elevado tendremos espacio de sobra en la cubierta y lo que se buscará será la mayor rentabilidad posible tratando de conseguir un equilibrio entre el coste de la instalación y el ahorro que esta supone.

El objetivo de la instalación no es verter a red si no el uso por parte del cliente. Esto quiere decir que el flujo de caja que genere la instalación no será por la venta de excedentes si no que reducirá el gasto en la factura de la luz. Como ya hemos visto en el apartado del análisis de la demanda de energía, tenemos una tarifa 3.0 TD.

Para realizar el dimensionamiento haremos un análisis más completo y se profundizará más en la generación como en el consumo de la empresa estudiándolo de manera horaria. Como podremos ver más adelante no toda la energía generada en un día promedio es aprovechada y tendrá que ser vertida. Además, al tratarse de una tarifa con 6 periodos distintos habrá que conocer de manera horaria la energía autoconsumida, así como los excedentes. Para ello tomaremos como prioritario que en los periodos en los que el precio de la electricidad es más caro sea nuestra instalación la que está suministrando dicha energía en mayor medida. Nos fijaremos en la tabla anteriormente citada. Los 3 principales periodos que sería aconsejable cubrir son los tres primeros, P1, P2 y P3.

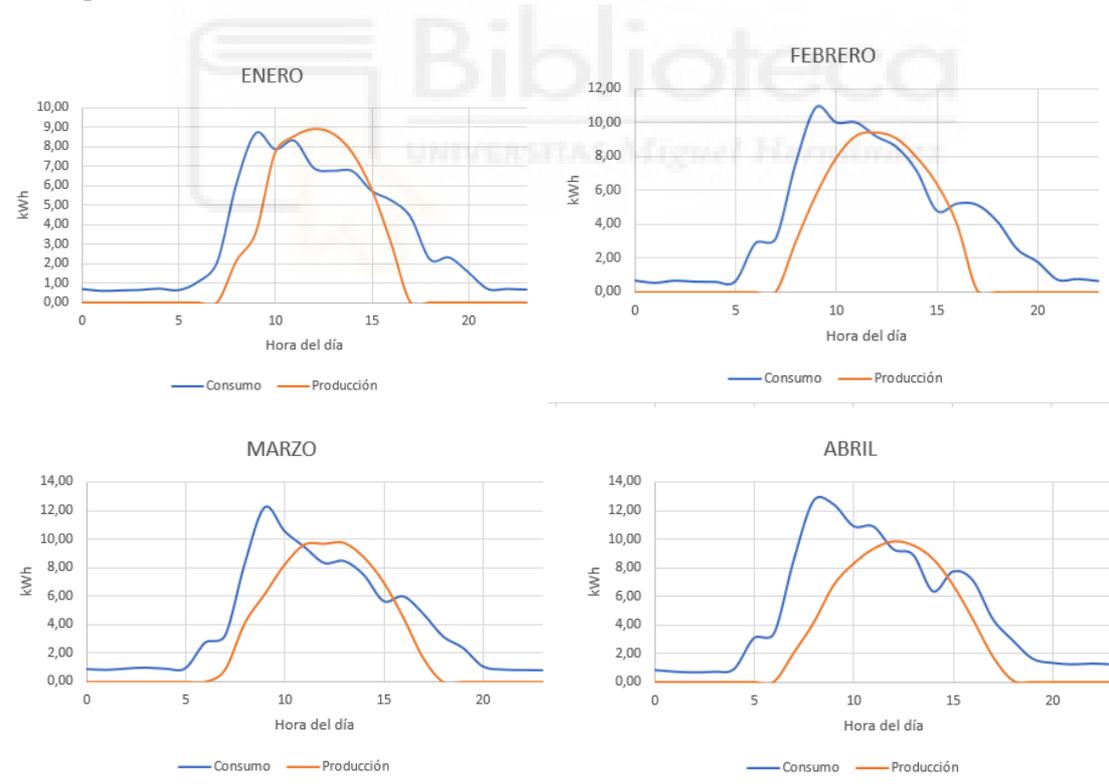
Todo este estudio se realizará con la herramienta Excel donde hemos introducido los datos de generación eléctrica mediante radiación solar obtenidos desde PVGIS para todas las horas de los 365 días del último año que tenemos en la base de datos de dicha aplicación. De esta manera podemos hacer una simulación que nos muestra, en base a la potencia instalada, y de forma muy visual, como se cubre esa demanda energética con la producción de la instalación.

PROYECTO: DIMENSIONAMIENTO Y DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA SOBRE CUBIERTA DE NAVE INDUSTRIAL

Mes- hora	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
enero	6	6	6	6	6	6	6	6	2	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2
febrero	6	6	6	6	6	6	6	6	2	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2
marzo	6	6	6	6	6	6	6	6	3	2	2	2	2	2	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3
abril	6	6	6	6	6	6	6	6	5	4	4	4	4	4	5	5	5	5	4	4	4	4	5	5
mayo	6	6	6	6	6	6	6	6	5	4	4	4	4	4	5	5	5	5	4	4	4	4	5	5
junio	6	6	6	6	6	6	6	6	4	3	3	3	3	3	4	4	4	4	3	3	3	3	4	4
julio	6	6	6	6	6	6	6	6	2	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2
agosto	6	6	6	6	6	6	6	6	4	3	3	3	3	3	4	4	4	4	3	3	3	3	4	4
septiembre	6	6	6	6	6	6	6	6	4	3	3	3	3	3	4	4	4	4	3	3	3	3	4	4
octubre	6	6	6	6	6	6	6	6	5	4	4	4	4	4	5	5	5	5	4	4	4	4	5	5
noviembre	6	6	6	6	6	6	6	6	3	2	2	2	2	2	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3
diciembre	6	6	6	6	6	6	6	6	2	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2
sábado	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
domingo	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6

TABLA 7: Periodos más caros

Se muestra a continuación, un día promedio de cada mes, para una potencia instalada de 12 kWp.



PROYECTO: DIMENSIONAMIENTO Y DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA SOBRE CUBIERTA DE NAVE INDUSTRIAL

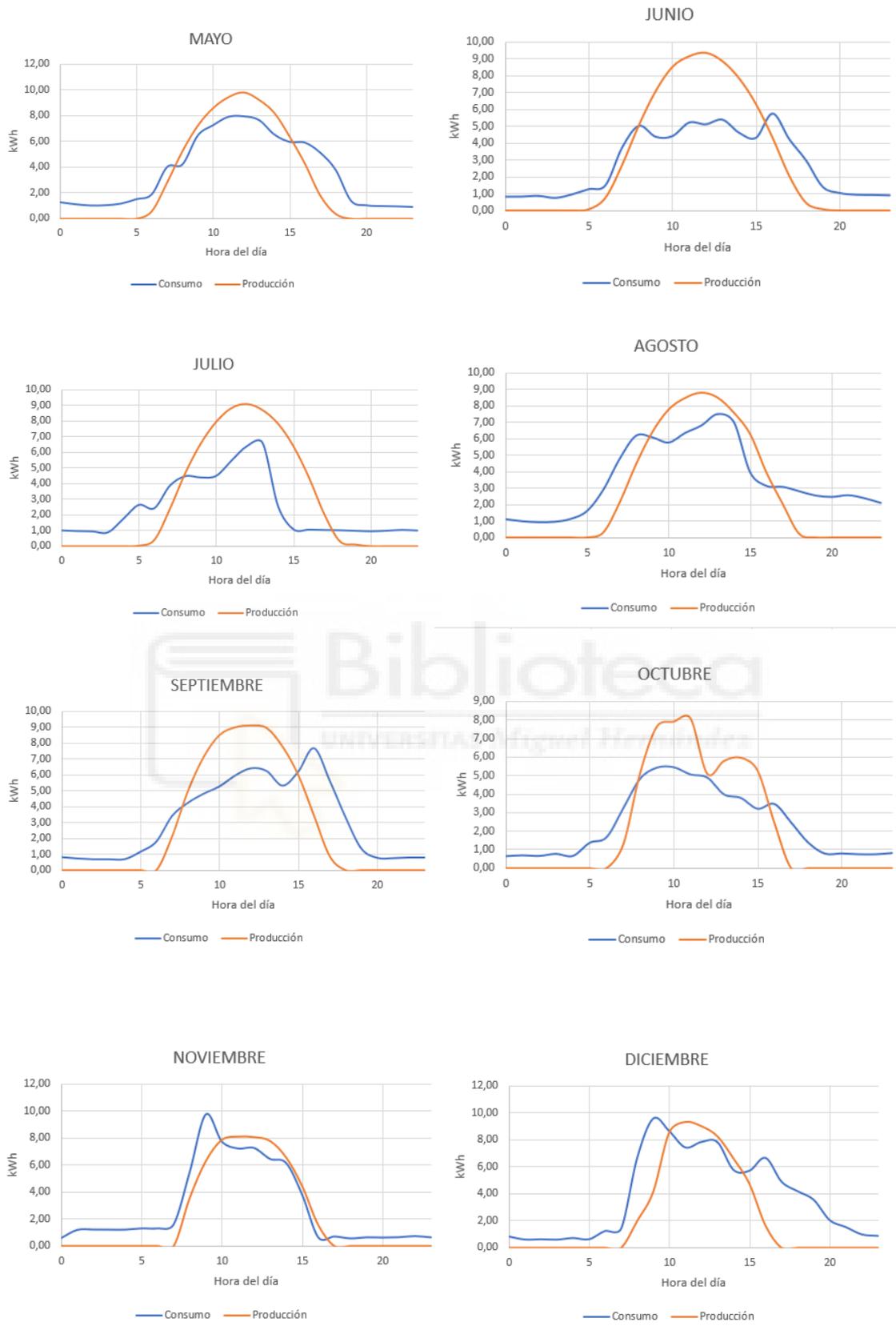


GRÁFICO 4: Consumo y producción en un día promedio mensual

Como vemos en las gráficas y comparando con la tabla de periodos, las horas del día en las que más consumo hay y el precio de la energía es más caro debido al periodo es entre las 08:00 y las 17:00 h. En dichas horas es donde coincide con la mayor producción de nuestra instalación.

Agregando todos estos datos diarios ponemos obtener una media mensual de todo el año con la energía auto consumida y el ahorro que nos aporta.

ENERGIA AUTOCONSUMIDA kWh						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
ENERO	379,7	191,6	0,0	0,0	0,0	127,8
FEBRERO	493,7	291,6	0,0	0,0	0,0	149,8
MARZO	0,0	554,5	323,2	0,0	0,0	218,7
ABRIL	0,0	0,0	0,0	355,7	226,7	236,4
MAYO	0,0	0,0	0,0	383,5	267,3	233,7
JUNIO	0,0	0,0	430,9	340,3	0,0	223,5
JULIO	539,5	324,8	0,0	0,0	0,0	329,5
AGOSTO	0,0	0,0	570,5	334,2	0,0	302,4
SEPTIEMBRE	0,0	0,0	498,8	340,7	0,0	239,5
OCTUBRE	0,0	0,0	0,0	278,9	186,9	198,7
NOVIEMBRE	0,0	472,0	224,9	0,0	0,0	141,3
DICIEMBRE	429,8	191,9	0,0	0,0	0,0	170,0
TOTAL	1842,6	2026,4	2048,3	2033,3	680,9	2571,2

TABLA 8: Energía auto consumida anual

ENERGIA AUTOCONSUMIDA €						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
ENERO	95,2	45,3	0,0	0,0	0,0	24,1
FEBRERO	123,8	69,0	0,0	0,0	0,0	28,3
MARZO	0,0	131,2	71,5	0,0	0,0	41,3
ABRIL	0,0	0,0	0,0	76,0	46,0	44,6
MAYO	0,0	0,0	0,0	82,0	54,2	44,1
JUNIO	0,0	0,0	95,3	72,7	0,0	42,2
JULIO	135,3	76,9	0,0	0,0	0,0	62,2
AGOSTO	0,0	0,0	126,2	71,4	0,0	57,0
SEPTIEMBRE	0,0	0,0	110,3	72,8	0,0	45,2
OCTUBRE	0,0	0,0	0,0	59,6	37,9	37,5
NOVIEMBRE	0,0	111,7	49,8	0,0	0,0	26,7
DICIEMBRE	107,8	45,4	0,0	0,0	0,0	32,1
TOTAL	462,2	479,5	453,2	434,6	138,1	485,1

TABLA 9: Energía auto consumida anual €

Otro dato importante a tener en cuenta es la energía vertida a red como se muestra a continuación. Se ha estimado un precio de venta de 0,05 €/kWh.

ENERGIA VERTIDA A RED kWh						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
ENERO	199,8	93,8	0,0	0,0	0,0	215,5
FEBRERO	182,4	110,5	0,0	0,0	0,0	222,7
MARZO	0,0	151,6	84,8	0,0	0,0	221,5
ABRIL	0,0	0,0	0,0	239,5	127,5	351,4
MAYO	0,0	0,0	0,0	408,0	209,6	365,3
JUNIO	0,0	0,0	413,6	162,6	0,0	342,8
JULIO	239,9	134,0	0,0	0,0	0,0	359,9
AGOSTO	0,0	0,0	290,5	183,9	0,0	279,8
SEPTIEMBRE	0,0	0,0	327,9	102,2	0,0	227,8
OCTUBRE	0,0	0,0	0,0	482,0	181,5	328,1
NOVIEMBRE	0,0	171,4	66,2	0,0	0,0	131,8
DICIEMBRE	221,4	85,4	0,0	0,0	0,0	173,7
TOTAL	843,5	746,8	1182,9	1578,2	518,6	3220,3

TABLA 10: Energía vertida a red

ENERGIA VERTIDA A RED €						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
ENERO	8,0	3,8	0,0	0,0	0,0	8,6
FEBRERO	7,3	4,4	0,0	0,0	0,0	8,9
MARZO	0,0	6,1	3,4	0,0	0,0	8,9
ABRIL	0,0	0,0	0,0	9,6	5,1	14,1
MAYO	0,0	0,0	0,0	16,3	8,4	14,6
JUNIO	0,0	0,0	16,5	6,5	0,0	13,7
JULIO	9,6	5,4	0,0	0,0	0,0	14,4
AGOSTO	0,0	0,0	11,6	7,4	0,0	11,2
SEPTIEMBRE	0,0	0,0	13,1	4,1	0,0	9,1
OCTUBRE	0,0	0,0	0,0	19,3	7,3	13,1
NOVIEMBRE	0,0	6,9	2,6	0,0	0,0	5,3
DICIEMBRE	8,9	3,4	0,0	0,0	0,0	6,9
TOTAL	33,7	29,9	47,3	63,1	20,7	128,8

TABLA 11: Precio de venta energía vertida

Se realiza a modo de resumen y para mostrar de una manera más directa varias tablas donde encontramos todos estos datos tanto en kWh como en euros para ver el ahorro que nos va a reportar la instalación.

KWh	P1	P2	P3	P4	P5	P6	TOTAL
Consumo Red SIN FOTOVOLTAIVA	3.417,32	4.036,11	3.211,00	2.999,73	1.047,48	7.188,73	21.900,37
Consumo Red CON FOTOVOLTAIVA	1.574,68	2.009,72	1.162,71	966,42	366,55	4.617,47	10.697,55
Energía Autoconsumida	1.842,64	2.026,39	2.048,29	2.033,30	680,93	2.571,23	11.202,79
Energía Vertida	843,52	746,81	1.182,85	1.578,16	518,56	3.220,34	8.090,24
Energía Total Producida	2.686,16	2.773,20	3.231,14	3.611,46	1.199,49	5.791,57	19.293,03

TABLA 12: Resumen consumos/energía

€	P1	P2	P3	P4	P5	P6	TOTAL
Consumo Red SIN FOTOVOLTAIVA	857,17	955,09	710,38	641,10	212,42	1.356,15	4.732,32
Consumo Red CON FOTOVOLTAIVA	394,98	475,57	257,23	206,54	74,34	871,09	2.279,75
Energía Autoconsumida	462,19	479,52	453,15	434,56	138,09	485,06	2.452,57
Energía Vendida	42,18	37,34	59,14	78,91	25,93	161,02	243,50

TABLA 13: Resumen consumos/energía €

AHORRO ANUAL	€
POR AUTOCONSUMO	2.452,57
POR VENTA	243,50
<b>TOTAL</b>	<b>2.696,06</b>

TABLA 14: Ahorro anual

Podemos observar que para una potencia instalada de 12 kWp tiene un ahorro final anual de algo más de la mitad de lo que paga sin la instalación fotovoltaica. Hablando de energía, nuestro consumo con red fotovoltaica se reduce a más de la mitad que sin red fotovoltaica.

Por contraposición si analizamos el 100% de la energía producida, vemos que el desglose entre la auto consumida y la vertida a red no es del todo bueno ya que se auto consume casi el 60% y se vierte alrededor del 40%. La forma de maximizar la autoconsumida sería hacer más pequeña la instalación, pero afectaría por otra parte a nuestra amortización y al ahorro anual que esta proporciona.

Para poder seguir realizando el estudio económico necesitamos conocer el coste del proyecto, así como el flujo de caja de la inversión. Para ello vamos a utilizar una aproximación de 1 €/Wp instalado. Este precio es económico para instalación pequeñas como la tratada en este proyecto, pero bastante caro para instalaciones de mayor tamaño.

En cuanto al flujo de caja, para aproximar lo máximo posible a la realidad, tendrá en cuenta tanto el mantenimiento anual, el cual estimamos en 800 € y las pérdidas que sufrirán las placas con el paso del tiempo. Estimamos estas en un 4%.

Una vez tenemos todos estos datos y conociendo también el ahorro económico anual de la factura, obtenemos el flujo de caja. El flujo de caja son las sumas anuales de los gastos e ingresos. De modo que, si en un año se tiene un flujo de caja negativo, significaría que los gastos han superado a los ingresos, e inversamente, que los ingresos han sido superiores.

Como podemos observar en la gráfica, nuestra instalación se amortizaría en el séptimo año de uso.

	INVERSIÓN INICIAL	AHORRO ANUAL	MANTENIMIENTO ANUAL	PERDIDAS PLACAS	FLUJO DE CAJA
AÑO 1	-12.000,00	2.696,06	800,00	107,84	-10.211,78
AÑO 2		2.729,76	810,00	109,19	-8.401,21
AÑO 3		2.763,88	820,13	110,56	-6.568,00
AÑO 4		2.798,43	830,38	111,94	-4.711,88
AÑO 5		2.833,41	840,76	113,34	-2.832,56
AÑO 6		2.868,83	851,27	114,75	-929,75
AÑO 7		2.904,69	861,91	116,19	996,85
AÑO 8		2.941,00	872,68	117,64	2.947,53
AÑO 9		2.977,76	883,59	119,11	4.922,59
AÑO 10		3.014,99	894,63	120,60	6.922,34
AÑO 11		3.052,67	905,82	122,11	8.947,09
AÑO 12		3.090,83	917,14	123,63	10.997,15
AÑO 13		3.129,47	928,60	125,18	13.072,83
AÑO 14		3.168,58	940,21	126,74	15.174,46
AÑO 15		3.208,19	951,96	128,33	17.302,37
AÑO 16		3.248,29	963,86	129,93	19.456,86

TABLA 15: Flujo de caja

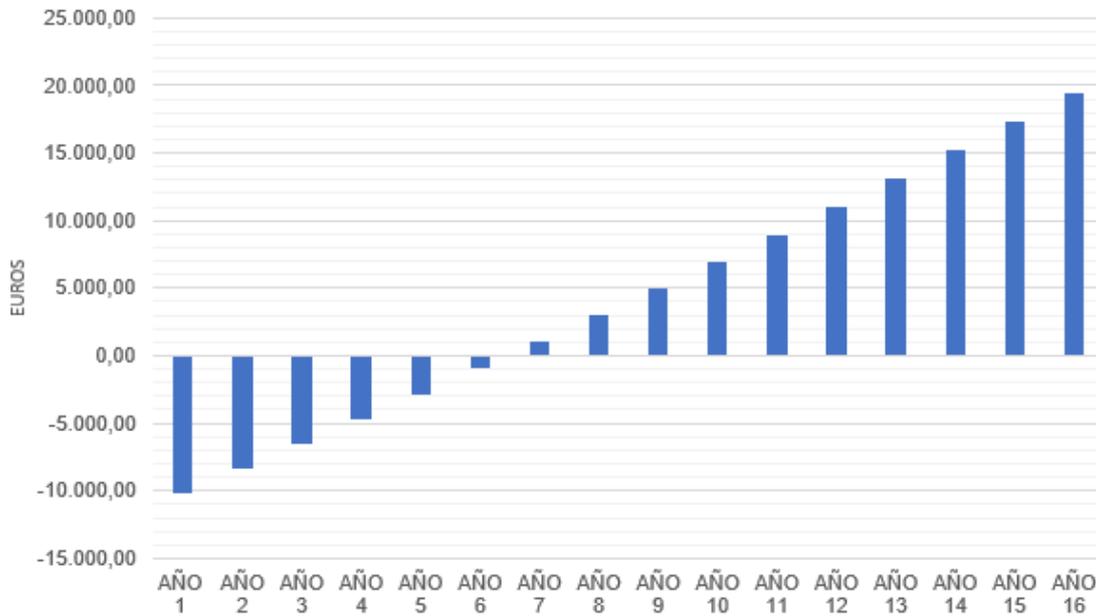


GRÁFICO 5: Flujo de caja

Una vez conocido el flujo de caja, así como el coste de la instalación durante 16 años podemos usar dos herramientas de análisis económico de proyectos como son el TIR y el VAN.

El VAN (Valor Actual Neto) es la suma algebraica de los valores equivalentes de todos los flujos de caja parciales. Esta herramienta nos proporciona una medida absoluta de rentabilidad de nuestra instalación.

Un VAN positivo, que la instalación crea valor y es ejecutable. Un VAN negativo indica que la instalación tendrá pérdidas y no es viable.

Es decir:

- VAN > 0 → Instalación rentable.
- VAN < 0 → Instalación no rentable.

Cuanto mayor sea el VAN, mayor será la rentabilidad. Se obtiene mediante la siguiente expresión:

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

$V_t$  = Flujo de caja en cada período  $t$ .

$I_0$  = Inversión inicial.

$n$  = Número de períodos considerado

$k$  = Tipo de interés

El TIR (Tasa Interna de Retorno) nos indica el interés o rentabilidad en forma de porcentaje. Este porcentaje permite comparar diferentes inversiones para ver cual tiene mayor rentabilidad. Por definición el TIR es el valor que hace que el VAN sea igual a cero, sin introducir el tipo de interés.

$$\sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0 = 0$$

Mediante una tabla de Excel, calculamos cual sería la Tasa Interna de Retorno, teniendo en cuenta la inversión inicial y demás factores con una estimación de 16 años de vida útil. Una vez introducidas todas las variables necesarias obtenemos un resultado del 7,32%, lo cual nos indica que nuestra instalación dará beneficios. Como hemos visto anteriormente, a partir del séptimo año la instalación comenzaría a ser rentable.

PERIODO	FLUJO DE FONDOS	TIR
0	-12.000,00	<b>7,32%</b>
1	-10.211,78	
2	-8.401,21	
3	-6.568,00	
4	-4.711,88	
5	-2.832,56	
6	-929,75	
7	996,85	
8	2.947,53	
9	4.922,59	
10	6.922,34	
11	8.947,09	
12	10.997,15	
13	13.072,83	
14	15.174,46	
15	17.302,37	
16	19.456,86	

TABLA 16: TIR

Para finalizar el estudio y determinar la potencia final a instalar se analizarán dos datos: el TIR y el porcentaje de energía auto consumida. Esto se hará para un rango entre 10 y 15 kWp, buscando un equilibrio entre ambos.

- 10 kWp → TIR = 7,89 %; E. Auto consumida = 63,97 %
- 11 kWp → TIR = 7,72 %; E. Auto consumida = 61,00 %
- 12 kWp → TIR = 7,32 %; E. Auto consumida = 58,07 %
- 13 kWp → TIR = 6,80 %; E. Auto consumida = 55,26 %
- 14 kWp → TIR = 6,22 %; E. Auto consumida = 52,65 %
- 15 kWp → TIR = 5,62 %; E. Auto consumida = 50,25 %

Se escoge una potencia instalada de 11 kWp ya que está por encima del 60 % de autoconsumo y una TIR aceptable de casi el 8 %, además como hemos visto antes en las gráficas diarias de 12 kWp, las cuales serán muy parecidas a las de 11 kWp, se adapta bien a los consumos.

Para este proyecto se han elegido los módulos LR4-60HPH, que cuentan con una potencia pico de 350 Wp. Con una instalación proyectada de 11 kWp serán necesarios 32 paneles de estas características.

## 2.2. PÉRDIDAS POR ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN

En este apartado se determinarán los límites de orientación e inclinación de los paneles fotovoltaicos, para que cumplan con las pérdidas máximas establecidas por el Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE.

Estas pérdidas se calculan en función de tres parámetros:

- Ángulo de inclinación,  $\beta$ : Ángulo que forma la superficie de los paneles con el plano horizontal.
- Ángulo de azimut,  $\alpha$ : Ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la norma a la superficie y el meridiano del lugar.



FIGURA 4: Inclinación y orientación de módulos

Los límites de pérdidas máximas citados anteriormente son los expuestos en la siguiente tabla:

	<i>Orientación e inclinación (OI)</i>	<i>Sombras (S)</i>	<i>Total (OI+S)</i>
<b>General</b>	10 %	10 %	15 %
<b>Superposición</b>	20 %	15 %	30 %
<b>Integración arquitectónica</b>	40 %	20 %	50 %

TABLA 17: Límites de pérdidas

Nuestra instalación se trata de un caso general por lo que las pérdidas por orientación e inclinación no superarán un máximo del 10%, un 10% por sombras ni un 15% de la suma de ambas.

Datos:

- Latitud ( $\Phi$ ): 39,48 °
- Longitud: -2,87 °
- Inclinación ( $\beta$ ): 10 °
- Azimut ( $\alpha$ ): - 4 °

Se consideran como valores óptimos de orientación e inclinación, una orientación al sur puro ( $\alpha=0^\circ$ ) y una inclinación óptima calculada a través de la siguiente fórmula para un captador de radiación solar estático:

$$\beta_{OPT} = 3,7 + 0,69 |\Phi|$$

Esta fórmula se basa en el análisis estadístico de la radiación solar anual en superficies con diferentes inclinaciones situadas en diferentes latitudes.

Teniendo en cuenta nuestra latitud la inclinación óptima sería: 30,94 °

Puesto que en nuestro caso los módulos irán coplanares a la cubierta, estos tendrán la misma inclinación que esta, es decir, 10 °. El azimut será de -4 °.

Mediante la gráfica y las fórmulas que nos aporta el pliego de condiciones técnicas del IDEA, se realizará la comprobación de las pérdidas por inclinación de los paneles.

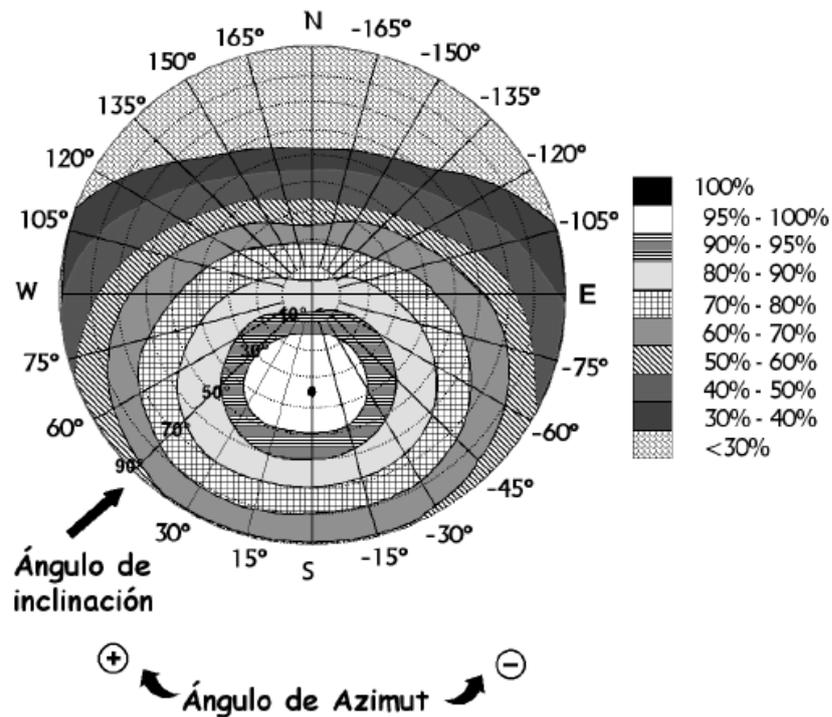


FIGURA 5: Curvas de rendimiento

Se puede comprobar en la figura, que según los puntos de intersección de la recta de acimut con la curva del 90-95%, donde están las pérdidas de hasta el 10%, los valores máximos y mínimos de inclinación son de 55° y 7°.

Tras esto se procede a corregir dichas inclinaciones mediante las siguientes formulas:

$$\text{Inclinación máxima} = \text{inclinación } (\Phi = 41^\circ) - (41^\circ - \text{latitud})$$

$$\text{Inclinación mínima} = \text{inclinación } (\Phi = 41^\circ) - (41^\circ - \text{latitud}) \rightarrow \text{mínimo} = 0^\circ$$

Para el caso de nuestra instalación:

$$\text{Inclinación máxima} = 55^\circ - (41^\circ - 39^\circ) = 51^\circ$$

$$\text{Inclinación mínima} = 7^\circ - (41^\circ - 39^\circ) = 3^\circ$$

Puesto que nuestra instalación tendrá una inclinación de 10° podemos concluir que cumple con el pliego de condiciones técnicas del IDAE.

### 2.3. CONFIGURACIÓN DE LA INSTALACIÓN.

Para este apartado y puesto que la nave cuenta con un peto en el extremo de la cubierta se comenzará calculando la sombra que este genera. Para ello tendremos en cuenta el día mas desfavorable del año, 21 de diciembre a las 10:00 donde la generación comienza a ser más significativa.

Para ello usaremos la herramienta “SunEarthtools” la cual nos indica la altura solar en ese día y a esa hora en el punto donde se encuentra la nave. Los datos son los siguientes.

```
name:  
lat: 39.4889541  
lon: -2.8762984  
date: 21/12/2022  
time: 10:00 gmt0  
azim.: 136.14°  
elev.: 13.11°
```

FIGURA 6: Altura solar a las 10:00h del día más desfavorable del año

La altura del peto es de 1,5 m y la altura solar de 13,11°. Se puede calcular mediante la siguiente expresión la longitud de sombra que generará el peto.

$$l = \frac{1,5}{\sin(13,11)} = 3,15 \text{ m}$$

Esta sombra es sobre el plano horizontal, pero hay que tener en cuenta que la cubierta tiene una inclinación de 10°.

Como conocemos tanto el ángulo solar como el de la cubierta, se puede calcular la h mediante una igualdad trigonométrica.

$$a = \frac{h}{\tan(13,11)}$$

$$b = \frac{h}{\tan(13,11)}$$

Como sabemos que a+b= 3,15, obtenemos una h de 0,31 m.

De forma que ya conocemos la distancia de sombra que habrá sobre la cubierta:

$$sombra = \frac{0,31}{\sin(10)} = 1,81 \text{ m}$$

Teniendo en cuenta que los módulos tienen de largo 1,776 m de largo y contando con la separación necesaria para mantenimiento y montaje no le llega a dar la sombra a la hora calculada.

Contamos por lo tanto con casi  $97 \text{ m}^2$  de cubierta para colocar los 32 paneles calculados más abajo que ocupan  $59,7 \text{ m}^2$ .

Para la configuración adecuada de la instalación, hay que calcular los módulos necesarios y después, hacer una estimación de los inversores.

$$N^{\circ} \text{ de módulos} = \frac{P_{instalación}}{P_{panel}} = \frac{11000 \text{ Wp}}{350 \text{ Wp}} = 32 \text{ módulos}$$

El inversor escogido para nuestra instalación es el Fronius Symo 10.0-3-M-OS, que cuenta con una potencia nominal de 10000 W y una potencia pico de 15000 W. La finalidad de este inversor es aprovechar la máxima potencia posible, ya que disponemos de 11000 W pico en la instalación.

El número de inversores para la instalación es el siguiente:

$$N^{\circ} \text{ de inversores} = \frac{P_{instalación}}{P_{pico\ inversor}} = \frac{11000 \text{ Wp}}{15000 \text{ Wp}} = 0,73 \approx 1 \text{ inversor}$$

Dadas las condiciones que se dan en la ubicación de la instalación, nunca se conseguirán los 11 kWp, ya que eso se daría en condiciones óptimas ( $25^{\circ}\text{C}$  de celda, irradiación de  $1000 \text{ W/m}^2$ , etc.) y en la ubicación del proyecto no se darán esas condiciones. Por ello, para aprovechar toda la potencia del inversor, hay que ver cuánto está sobredimensionado el campo fotovoltaico respecto a la potencia nominal del inversor. Para ello:

$$\frac{11000 - 10000}{11000} \cdot 100 = 9,09\%$$

Con esto concluimos que sí se aprovechará el inversor escogido.

Una vez realizados estos cálculos, se propone la siguiente configuración para llevar a cabo la instalación. Se colocarán 16 módulos por serie, con un total de 32 módulos. Con esta configuración se intenta tener dos series equilibradas en cuanto a número de módulos.

La serie de 16 se colocará en el punto más superior y la de 16 en el inferior. No se juntan en paralelo los dos strings en serie para que funcionen de forma independiente. Esto es para que, a primera hora de la mañana de los meses más desfavorables en cuanto a altura solar, la sombra que incida en la serie más baja no afecte a la superior y para que una avería de uno de arriba no afecte a los de abajo y viceversa.

Para determinar que la configuración propuesta es válida, es necesario realizar las siguientes comprobaciones:

Datos del módulo:

- $V_{oc} = 40,5 V$
- $I_{sc} = 11,02 A$
- $V_{mpp} = 33,3 V$
- $I_{mpp} = 10,52 A$
- *Coficiente de temperatura*  $V_{oc} = \frac{-0,286\%}{^{\circ}C} = \frac{-0,11583 V}{^{\circ}C}$
- *Coficiente de temperatura*  $I_{sc} = \frac{-0,057\%}{^{\circ}C} = \frac{0,0063 A}{^{\circ}C}$

Datos del inversor:

- Máxima corriente de entrada  $I_{m\acute{a}x_{dc}} = 27 A / 16 A$
- Rango de tensión MPP = 200 – 1000 V
- Número de seguidores MPP = 2
- Número de entradas CC = 3 + 3

Para conocer cuántos módulos pueden conectarse en serie para alcanzar el mínimo voltaje que el inversor necesita para funcionar, así como el número máximo de módulos necesarios para no sobrepasar el máximo voltaje que el inversor es capaz de admitir:

$$N^{\circ} \text{ m\acute{a}ximo de m\acute{o}dulos en serie} = \frac{V_{m\acute{a}x_{inversor}}}{V_{oc}} = \frac{1000 V}{40,5 V} = 24,69 \approx 25 \text{ m\acute{o}dulos}$$

$$N^{\circ} \text{ m\acute{a}ximo de m\acute{o}dulos en serie} = \frac{V_{m\acute{a}x_{inversor}}}{V_{oc}} = \frac{1000 V}{40,5 V} = 24,69 \approx 25 \text{ m\acute{o}dulos}$$

Con 16 módulos por serie, nos encontramos dentro del rango. Además, se tienen que calcular y comprobar los siguientes criterios:

- **Criterio de tensión:** comprobamos que los módulos están dentro del rango de voltaje que admite el inversor instalado.

$$\text{Voltaje máximo de 16 módulos en serie} = N^{\circ} \text{ módulos en serie} \cdot V_{oc}$$

$$\text{Voltaje máximo de 16 módulos en serie} = 16 \text{ módulos} \cdot 40,5 \text{ V} = 648 \text{ V}$$

$$200 \text{ V} < 648 \text{ V} < 1000 \text{ V} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

- **Criterio de intensidad:** cada inversor dispone de 2 entradas, por lo que, por cada una de ellas, el inversor admite una máxima intensidad.

- STRING A:

$$\text{Máxima intensidad de entrada} = 16 \text{ A}$$

$$\text{Corriente que proporcionan 16 módulos en serie} = 11,02 \text{ A}$$

$$11,02 \text{ A} < 16 \text{ A} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

- STRING B:

$$\text{Máxima intensidad de entrada} = 16 \text{ A}$$

$$\text{Corriente que proporcionan 11 módulos en serie} = 11,02 \text{ A}$$

$$11,02 \text{ A} < 16 \text{ A} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

- **Criterios de temperatura:** la potencia que generan los módulos depende en gran medida de la temperatura de las celdas, por lo que es necesario ir a unos casos extremos de temperatura para comprobar que siguen cumpliendo los requisitos de funcionamiento. La norma establece que se debe calcular a 70°C y a -10°C.

- PÉRDIDA DE VOLTAJE A 70°C DE TEMPERATURA:

$$V_{oc\ 70^{\circ}C} = Tk_{V_{oc}} \cdot \Delta T = -0,11583 \frac{\text{V}}{^{\circ}C} \cdot (70 - 25)^{\circ}C = -5,2124 \frac{\text{V}}{\text{módulo}}$$

$$V_{oc\ 70^{\circ}C} = 16 \text{ módulos} \cdot (-6,2865) \frac{\text{V}}{\text{módulo}} = -100,584 \text{ V}$$

$$\begin{aligned} \text{Voltaje máximo 18 módulos en serie} + V_{oc\ 70^{\circ}C} &= 549,12 \text{ V} - 100,584 \text{ V} \\ &= 448,41 \text{ V} \end{aligned}$$

$$200 \text{ V} < 448,41 < 1000 \text{ V} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

- GANANCIA DE VOLTAJE A  $-10^{\circ}\text{C}$  DE TEMPERATURA:
- $V_{oc-10^{\circ}\text{C}} = Tk_{V_{oc}} \cdot \Delta T = -0,11583 \frac{\text{V}}{^{\circ}\text{C}} \cdot (-10 - 25)^{\circ}\text{C} = 4,05 \frac{\text{V}}{\text{módulo}}$

$$V_{oc-10^{\circ}\text{C}} = 16 \text{ módulos} \cdot 4,05 \frac{\text{V}}{\text{módulo}} = 64,8 \text{ V}$$

$$\text{Voltaje máximo módulos en serie} + V_{oc-10^{\circ}\text{C}} = 549,12 \text{ V} + 64,8 \text{ V} = 613,92 \text{ V}$$

$$200 \text{ V} < 613,92 \text{ V} < 1000 \text{ V} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Una vez comprobado que todos los criterios se cumplen podemos llevar a cabo dicha distribución.

#### 2.4. SEPARACIÓN ENTRE MÓDULOS

En este proyecto, los módulos estarán colocados sobre una estructura coplanar en la cubierta de la nave industria. Por ello, la separación necesaria para evitar sombras no existiría pues no se producen sombras los unos a los otros. La única separación será la necesaria para el futuro mantenimiento o en caso de que existiesen chimeneas, tragaluces, ... etc.

#### 2.5. SECCIONES Y CIRCUITOS

El diseño del cableado tiene que seguir una serie de condiciones que establece el Pliego de Condiciones Técnicas para Instalaciones Conectadas a Red, publicado por el IDAE. Las condiciones son las siguientes:

- 5.5.1: Los positivos y negativos de cada grupo de módulos se conducirán separados y protegidos de acuerdo con la normativa vigente.
- 5.5.2: Los conductores serán de cobre y tendrán la sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos. Para cualquier condición de trabajo, los conductores deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior del 1,5%.
- 5.5.3: El cable deberá tener la longitud necesaria para no generar esfuerzos en los diversos elementos ni posibilidad de enganche por el tránsito normal de personas.
- 5.5.4: 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.

Para el correcto dimensionamiento del cableado de la instalación, es necesario utilizar el criterio de caída de tensión ya que la norma establece que no debe ser superior a un 1,5% de la tensión total entre los módulos fotovoltaicos y el punto de inyección a la red.

Línea	Inicio	Fin	Longitud (metros)
<b>Tramo 1</b>	Módulo A	Inversor	12,7
<b>Tramo 2</b>	Módulo B	Inversor	10,5
<b>Tramo 3</b>	Inversor	Cuadro	5

TABLA 18: Longitud de líneas

El tipo de cable escogido para la instalación es el TECSUN (PV) (AS) PV1-F fabricado por PRYSMIAN, especialmente diseñado para instalaciones fotovoltaicas. Dispone de las protecciones necesarias en el caso de que vaya a estar expuesto al aire libre.

Las características del cable escogido son las siguientes:

- Resistencia al ozono, EN 50396.
- Resistencia a la radiación ultravioleta, HD 506/A1-2.4.20.
- Resistente a la absorción de agua, DIN VDE 0473-811-1-3, DIN EN 60811-1-3.
- Resistencia al frío, DIN EN 60811-1-4.
- Resistencia a impactos, DIN EN 50305.
- Resistencia a la humedad en caliente, EN 60068-2-78.
- Resistencia a la contracción, EN 60811-1-3.
- Resistencia a la penetración dinámica, DKE/VDE 411.2.3.
- Resistencia a aceites minerales, DIN VDE 0473-811-2-1, DIN EN 60811-2-1.
- Resistencia a ácidos y bases, EN 60811-2-1.
- Muy robusto y resistente a la abrasión, DIN EN 53516.
- Resistencia a la hidrólisis y al amoníaco.

Está fabricado en cobre electrolítico enlatado. Una de las muchas ventajas de utilizar este tipo de cable, es que puede ser utilizado tanto en corriente continua como en corriente alterna. La instalación de los cables se hará sobre un sistema de bandejas porta cables, y se fijarán al suelo, de esta forma, dado que no hay muros en la cubierta, las bandejas se instalarán al suelo y se consigue que los cables no toquen el terreno.

Las secciones disponibles del cableado escogido son las siguientes:

TECSUN (PV) (AS) PV1-F								
Sección nominal	Color	Diámetro del conductor	Diámetro exterior del cable Valor mínimo	Diámetro total del cable Valor máximo	Peso	Resistencia del conductor a 20 °C	Intensidad admisible al aire (1)	Caída de tensión (continua)
[mm <sup>2</sup> ]		[mm]	[mm]	[mm]	[kg/km]	[Ω/km]	[A]	[V/A km]
1x1,5	Ne, Az, Ro	1,6	4,4	4,8	29	13,7	25	26,5
1x2,5	Ne, Az, Ro	1,9	4,7	5,1	43	8,21	34	15,92
1x4	Ne, Az, Ro	2,4	5,2	5,6	58	5,09	46	9,96
1x6	Ne, Az, Ro	2,9	5,7	6,1	76	3,39	59	6,74
1x10	Ne	4,0	6,8	7,2	120	1,95	82	4
1x16	Ne	5,5	8,3	9,0	178	1,24	110	2,51
1x25	Ne	6,4	10,0	10,7	273	0,795	140	1,59
1x35	Ne	7,5	11,1	11,8	364	0,565	174	1,15
1x50	Ne	9	12,6	13,3	500	0,393	210	0,85
1x70	Ne	10,8	14,4	15,2	686	0,277	269	0,59
1x95	Ne	12,6	16,2	17	899	0,21	327	0,42
1x120	Ne	14,3	17,7	18,7	1131	0,164	380	0,34
1x150	Ne	15,9	19,7	20,7	1382	0,132	438	0,27
1x185	Ne	17,5	21,3	22,3	1669	0,108	500	0,22
1x240	Ne	20,5	24,2	25,5	2208	0,0817	590	0,17

(1) Instalación monofásica en bandeja al aire (40 °C). Con exposición directa al sol, multiplicar por 0,9.  
Otros cables y accesorios para red de BT o AT consultar.

TABLA 19: Características técnicas cableado

#### - Cableado de corriente continua (CC)

La conexión entre módulos y la conexión entre los módulos y el inversor son los únicos tramos de corriente continua que hay en la instalación. Los paneles solares ya incorporan dos cables (positivo y negativo) que permite hacer la conexión en serie entre ellos.

<b>Modo instalación módulos:</b>	Módulos fijos con una inclinación de 10°
<b>N° de módulos en serie:</b>	16
<b>N° de series:</b>	2
<b>N° de módulos:</b>	32
<b>Cableado a emplear:</b>	TECSUN (PV) (AS) PV1-F
<b>Resistividad del conductor a 90°C:</b>	$0,017241379 \frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$
<b>Conductividad (<math>\gamma</math>) del conductor a 90°C:</b>	$44 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2}$
<b>Datos del módulo</b>	
<b>Potencia nominal:</b>	350 W

<b>Corriente en el punto de máxima potencia:</b>	10,52 A	
<b>Tensión en el punto de máxima potencia:</b>	33,3 V	
<b>Corriente de cortocircuito:</b>	11,02 A	
<b>Potencia del inversor:</b>	6000 W	
<b>Nº de inversores:</b>	1	
<b>Potencia pico de la instalación:</b>	11000 W	
<b>Corrección de la intensidad:</b>		
Incrementar el valor de la intensidad en un 25%, según el punto 5 de la ITC-BT 40 del REBT (instalaciones generadoras de BT)		
Instalación expuesta directamente al sol	0,9	(Punto 4.2.2.1. ITC-BT 06)
Coefficiente de corrección por agrupación de cables	0,85	(Tabla 14 ITC-BT 07)
Corrección por temperatura ambiente distinta a 40°C	0,9	(Tabla 7 ITC-BT 06)
La caída de tensión máxima entre el generador y el punto de interconexión a la Red de Distribución o la instalación interior no será superior al 1,5% para la intensidad nominal, según el punto 5 de la ITC-BT 40 del REBT. Se considera un factor de potencia igual a 1, $\cos(\varphi) = 1$		

TABLA 20: Resumen datos instalación

A raíz de los datos de la tabla anterior, pasamos a calcular la sección necesaria del cableado de cada tramo y conexión, mediante el uso de dos criterios, el de intensidad máxima y el de caída de tensión.

Potencia total en cada línea:

$$P_{total} = 350 \text{ W} \cdot 16 \text{ módulos} = 5600 \text{ W}$$

Voltaje total en cada línea:

$$V_{total} = 33,3 \text{ V} \cdot 16 \text{ módulos} = 532,8 \text{ V}$$

Línea	Inicio	Fin	Intensidad (A)	Intensidad corregida por la temperatura y el REBT (A)	Potencia (W)	Tensión (V)
<b>Tramo 1</b>	Módulo A	Inversor	10,52	19,10	5600	532,8
<b>Tramo 2</b>	Módulo B	Inversor	10,52	19,10	5600	532,8

TABLA 21: Datos línea CC

Comenzamos calculando la intensidad corregida:

K1 – Instalación expuesta directamente al sol

$$K1 = 0,9$$

K2 – Coeficiente de corrección por agrupación de cables

$$K2 = 0,85$$

K3 – Corrección por temperatura ambiente distinta a 40°C

$$K3 = 0,9$$

$$K = K1 \cdot K2 \cdot K3 = 0,9 \cdot 0,85 \cdot 0,9 = 0,6885$$

Como se debe aumentar la intensidad en un 25%:

$$I = 1,25 \cdot 10,52 = 13,15 \text{ A}$$

$$I \text{ corregida} = \frac{I}{K} = \frac{13,15 \text{ A}}{0,6885} = 19,10 \text{ A}$$

Cable seleccionado:

- $S = 2,5 \text{ mm}^2$
- XLPE
- Cobre
- 2 cables
- I máxima admisible = 34 A

$$I \text{ máxima admisible del cable} = I \cdot K = 34 \text{ A} \cdot 0,6885 = 23,41 \text{ A}$$

$$19,10 \text{ A} < 23,41 \text{ A} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Como la intensidad es la misma para todas las líneas, se asume que la sección mínima para las líneas será de  $2,5 \text{ mm}^2$  en cada una de ellas.

Cálculo de la sección mediante el criterio de caída de tensión:

La caída de la tensión no puede ser superior al 1,5% y con un valor de tensión por línea de 532,8 V, tenemos una caída de tensión de:

$$\Delta V = 0,015 \cdot 532,8 = 7,99 \text{ V}$$

Sección mínima según el criterio de caída de tensión:

- Para el tramo 1 con L = 12,7 m:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot \Delta V}$$

$$S = \frac{2 \cdot 12,7 \text{ m} \cdot 10,52 \text{ A} \cdot 1}{44 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \cdot 7,99 \text{ V}} = 0,76 \text{ mm}^2$$

- Para el tramo 2 con L = 10,5 m:

$$S = \frac{2 \cdot 10,5 \text{ m} \cdot 10,52 \text{ A} \cdot 1}{44 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \cdot 7,99 \text{ V}} = 0,62 \text{ mm}^2$$

Dado que en ninguna línea se ha obtenido una sección mayor de 2,5 mm<sup>2</sup>, para mayor comodidad, se escogerá la sección de 4 mm<sup>2</sup> y evitar el problema de sobrepasar la caída de tensión permitida del 1,5%.

Línea	Sección (1) Criterio intensidad máxima (mm <sup>2</sup> )	Longitud de la línea (m)	Máxima caída de tensión (%)	Sección (2) Criterio de caída de tensión (mm <sup>2</sup> )	Sección del cable (mm <sup>2</sup> )	Intensidad máxima admisible (A)
<b>Tramo 1</b>	2,5	12,7	1,5%	0,76	<b>4</b>	46 · 0,9 = 41,4
<b>Tramo 2</b>	2,5	10,5	1,5%	0,62	<b>4</b>	46 · 0,9 = 41,4

TABLA 22: Dimensionamiento línea CC

Ahora vamos a comprobar si con la sección escogida, no se sobrepasa la caída de tensión máxima permitida del 1,5%, para ello, usaremos la siguiente fórmula:

$$\Delta V = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot S}$$

- Para el tramo 1 con  $L = 12,7$  m:

$$\Delta V = \frac{2 \cdot 12,7 \text{ m} \cdot 19,1 \text{ A} \cdot 1}{44 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \cdot 4 \text{ mm}^2} = 2,75 \text{ V}$$

$$\% = \frac{\Delta V}{V} \cdot 100 = \frac{2,75 \text{ V}}{532,8 \text{ V}} \cdot 100 = 0,51\%$$

$0,51\% < 1,5\% \rightarrow$  **CUMPLE**

- Para el tramo 2 con  $L = 10,5$  m:

$$\Delta V = \frac{2 \cdot 10,5 \text{ m} \cdot 19,1 \text{ A} \cdot 1}{44 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \cdot 4 \text{ mm}^2} = 2,27 \text{ V}$$

$$\% = \frac{\Delta V}{V} \cdot 100 = \frac{2,27 \text{ V}}{532,8 \text{ V}} \cdot 100 = 0,42\%$$

$0,42\% < 1,5\% \rightarrow$  **CUMPLE**

Línea	Caída de tensión (V)	Caída de tensión (%)
<b>Tramo 1</b>	2,75	0,51
<b>Conexión 1</b>	2,27	0,42

TABLA 23: Dimensionamiento línea CC (1)

Una vez hechas las comprobaciones, concluimos que la sección idónea para el cableado de corriente continua que conectan los módulos con el inversor es de  $4 \text{ mm}^2$ .

- **Cableado de corriente alterna (CA)**

Para el cableado de corriente alterna, tenemos el tramo restante anteriormente mencionado, el tramo 3.

Este tramo, conecta el inversor con el punto de conexión a la red distribuidora y el cuadro eléctrico del edificio.

Calcularemos la sección mínima para el tramo de la misma forma que hemos hecho en la parte de corriente continua pero esta vez aplicando las fórmulas para corriente alterna.

Potencia en el tramo 3:

$$P = P_{inversor} \cdot N^{\circ} inversores = 6000 \text{ W} \cdot 1 \text{ inversor} = 6000 \text{ W}$$

Voltaje total en cada línea:

El voltaje al tratarse de corriente alterna, será de 400 V.

Línea	Inicio	Fin	Intensidad (A)	Intensidad corregida por temperatura y REBT (A)	Potencia (W)	Tensión (V)
<b>Tramo 3</b>	Inversor	Cuadro eléctrico	10,1	18,34	6000	400

TABLA 24: Datos línea CA

Cálculo de la sección mediante el criterio de intensidad máxima:

Cable seleccionado:

- $S = 2,5 \text{ mm}^2$
- XLPE
- Cobre
- 2 cables
- I máxima admisible = 34 A

K1 – Instalación expuesta directamente al sol

$$K1 = 0,9$$

K2 – Coeficiente de corrección por agrupación de cables

$$K2 = 0,85$$

K3 – Corrección por temperatura ambiente distinta a 40°C

$$K3 = 0,9$$

$$K = K1 \cdot K2 \cdot K3 = 0,9 \cdot 0,85 \cdot 0,9 = 0,6885$$

Como se debe aumentar la intensidad en un 25%:

$$I = 1,25 \cdot 10,1 = 12,625 \text{ A}$$

$$I_{\text{corregida}} = \frac{I}{K} = \frac{12,625 \text{ A}}{0,6885} = 18,34 \text{ A}$$

$$I_{\text{máxima admisible del cable}} = I \cdot K = 34 \text{ A} \cdot 0,6885 = 23,41 \text{ A}$$

$$18,34 \text{ A} < 23,41 \text{ A} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Como sólo hay un tramo, sólo hay una intensidad, por lo que se asume que la sección mínima para el tramo será de  $2,5 \text{ mm}^2$ .

Cálculo de la sección mediante el criterio de caída de tensión:

La caída de la tensión no puede ser superior al 2% y con un valor de tensión por línea de 400 V, tenemos una caída de tensión de:

$$\Delta V = 0,02 \cdot 400 = 8 \text{ V}$$

Sección mínima según el criterio de caída de tensión:

$$S = \frac{P \cdot L}{\gamma \cdot e \cdot U}$$

e = Caída de tensión admisible (V)

U = Tensión de la línea (V)

- Para el tramo 5  $L = 8 \text{ m}$ :

$$S = \frac{6000 \text{ W} \cdot 5 \text{ m}}{44 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \cdot 8 \text{ V} \cdot 400 \text{ V}} = 0,21 \text{ mm}^2$$

Dado que en el tramo no se ha obtenido una sección mayor de  $2,5 \text{ mm}^2$ , se escogerá finalmente por comodidad la sección de  $4 \text{ mm}^2$ .

Línea	Sección (1) Criterio intensidad máxima ( $\text{mm}^2$ )	Longitud de la línea (m)	Máxima caída de tensión (%)	Sección (2) Criterio de caída de tensión ( $\text{mm}^2$ )	Sección del cable ( $\text{mm}^2$ )	Intensidad máxima admisible (A)
<b>Tramo 5</b>	2,5	5	2%	0,21	<b>4</b>	$46 \cdot 0,9 = 41,4$

TABLA 25: Dimensionamiento línea CA

Ahora vamos a comprobar si con la sección escogida, no se sobrepasa la caída de tensión máxima permitida del 2%, para ello, usaremos la siguiente fórmula:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot S}$$

- Para el tramo 5 con  $L = 8 \text{ m}$ :

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot 5 \text{ m} \cdot 18,34 \text{ A} \cdot 1}{44 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \cdot 4 \text{ mm}^2} = 0,9 \text{ V}$$

$$\% = \frac{\Delta V}{V} \cdot 100 = \frac{0,9 \text{ V}}{400 \text{ V}} \cdot 100 = 0,22\%$$

$$0,22\% < 2\% \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Línea	Caída de tensión (V)	Caída de tensión (%)
Tramo 5	0,9	0,22

TABLA 26: Dimensionamiento línea CA (1)

## 2.6. PROTECCIONES CORRIENTE CONTINUA

Con la finalidad de proteger las líneas de corriente continua se han escogido los interruptores de la marca MAXGE, en concreto el modelo EPB-63M-DC2C25 que dispone de entrada de 2 polos.

Estos interruptores magnetotérmicos se colocarán entre los módulos fotovoltaicos y el inversor. Tenemos dos series de 16 módulos que disponen de un cable positivo y uno negativo, los cuales se protegerán con los interruptores magnetotérmicos. Como sólo hay 2 series, serán necesarios 2 interruptores.

La intensidad que circula por cada conductor es de 10,52 A, aplicando, además, los factores de corrección, la intensidad aumenta hasta los 19,1 A. El modelo escogido tiene una intensidad nominal de 25 A, ya que debe superar la intensidad de los conductores. La intensidad máxima admisible del conductor tiene que ser mayor que la del interruptor magnetotérmico y en este caso se cumple porque disponemos de una intensidad de 41,4 A

## 2.7. PROTECCIONES CORRIENTE ALTERNA

Para el tramo de corriente alterna, se ha escogido el interruptor automático magnetotérmico EPB-63 Me C25 de MAXGE, de 4 polos y curva C de 25 A y un interruptor diferencial SGR/4 de 4 polos, 25 A, 30 mA y clase AC también de la marca

MAXGE. Se han escogido de esta manera porque la intensidad nominal es de 10,1 A que aplicando los factores de corrección se queda en 18,34 A. Estos elementos disponen de entradas para las 3 fases más el neutro.

## 2.8. PUESTA A TIERRA

La función de la puesta a tierra en toda instalación eléctrica es unir todos los elementos metálicos y derivarlos a un electrodo introducido en tierra a través de un conductor. Su finalidad es evitar diferencias de potenciales que sean muy peligrosas para las personas, incluso, para los elementos de la instalación, como consecuencia de descargas atmosféricas o también por un mal aislamiento de algún elemento de la instalación.

Se ha establecido como valor de diferencia de potencial máximo en 24 V con la intención de evitar el daño material y personal, por encontrarse en un emplazamiento húmedo o mojado según la ITC-BT-18.

La sección escogida es la misma que el resto del cableado, de 4 mm<sup>2</sup>.

En el esquema unifilar de corriente continua se aprecia como se hará la puesta a tierra.

## 2.9. CÁLCULO ESTRUCTURAL

En este apartado se pretende justificar, mediante el cálculo y la comprobación, que la estructura y la cubierta del edificio es capaz de resistir sin problemas la sobrecarga que añadirá la instalación proyectada.

Este cálculo está enfocado únicamente en la cubierta y la estructura de esta, considerando únicamente las correas y los pórticos a los cuales afectan los esfuerzos transmitidos.

La estructura de la nave está definida por la necesidad de una construcción diáfana, cuya finalidad es la de servicios de reparación de vehículos y maquinaria agrícola.

Las acciones a considerar sobre la estructura se determinarán según el CTE (Código Técnico de la Edificación). No se consideran las acciones térmicas ya que el diseño

estructural del edificio está provisto de las juntas de dilatación suficientes que absorben los esfuerzos debido a las dilataciones térmicas. Las acciones que actúan son:

- Acciones permanentes.

Las acciones permanentes (G) son aquellas que actúan en todo instante sobre la estructura con posición constante. Son las debidas al peso propio de la cubierta, perfiles estructurales y la instalación solar fotovoltaica. El valor de estas es el siguiente:

$$G_{pp} \text{ Paneles solares} \rightarrow 0,11 \text{ kN/m}^2$$

$$G_{pp} \text{ Estructura Panel} \rightarrow 0,007 \text{ kN/m}$$

- Acciones variables

Las acciones variables (Q) son aquellas que pueden o no actuar sobre nuestra estructura. Las acciones consideradas sobre la estructura del edificio son:

#### **Sobrecarga de uso ( $q_{su}$ )**

Dentro de la tabla 3.1 del DB-SE-AE (cubiertas accesibles únicamente para conservación, ligera sin forjado), tenemos que nuestra cubierta se encuentra dentro del grupo G1). El valor de la sobrecarga de uso es de  $q_{su} = 0,4 \text{ kN/m}^2$ .

Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m <sup>2</sup> ]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 <sup>(1)</sup>
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente <sup>(2)</sup>			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación <sup>(3)</sup>	G1 <sup>(7)</sup>	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 <sup>(4)(6)</sup>	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) <sup>(5)</sup>	0,4 <sup>(4)</sup>	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

TABLA 27: Valores característicos de las sobrecargas de uso

Los paneles que van a formar la instalación tienen un peso por panel de 28,5 kg y unas dimensiones de 2274 X 1134 X 35 mm. El área que ocupará cada uno de ellos sobre la cubierta será de 2,58 m<sup>2</sup>. Al estar en disposición coplanar con inclinación de 10°, el área del panel coincide con la que ocupará la cubierta. El peso repartido por la cubierta del panel coplanar entre la superficie de este tiene un valor medio de 11,21 kg/m<sup>2</sup>.

La estructura que servirá de unión entre la cubierta y los paneles será de perfil de aluminio. Cada metro lineal de esta estructura tiene un peso de 1,072 kg. Como la disposición de los paneles será vertical, siendo la zona de anclaje superior e inferior, a cada uno de ellos le corresponderá 2,3 metros lineales de esta estructura, con un peso total de 2,47 kg, lo que elevará el conjunto de panel más estructura se hasta los 30,9 kg. De modo que se va a distribuir de forma uniforme por el área que ocupa el panel, cada m<sup>2</sup>. de la cubierta soportará un peso de 11,99kg, o lo que es lo mismo, 0,118 kN/m<sup>2</sup>.

Como se ha podido comprobar, en ninguno de los dos casos mencionados anteriormente supera los  $0,4 \text{ kN/m}^2$  que soporta la estructura, con lo que el sobrepeso añadido, será perfectamente soportado por la cubierta, conforme al CTE.

### **Sobrecarga de viento ( $q_e$ )**

Ahora se calculará el esfuerzo del viento ejercido sobre la estructura mediante la siguiente fórmula:

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p$$

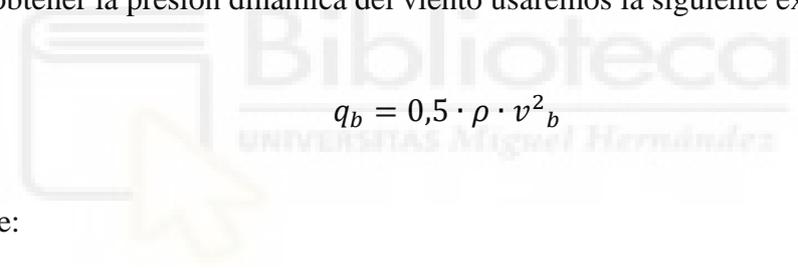
siendo:

$q_b$ : la presión dinámica del viento.

$c_e$ : el coeficiente de exposición.

$c_p$ : el coeficiente eólico o de presión (el cual no lo consideramos en nuestro caso).

Para obtener la presión dinámica del viento usaremos la siguiente expresión:


$$q_b = 0,5 \cdot \rho \cdot v_b^2$$

Donde:

$\rho$ : densidad del aire (generalmente  $1,25 \text{ kg/m}^3$ )

$v_b$ : Velocidad básica del viento según zona geográfica



FIGURA 7: Valor básico de la velocidad del viento

Como la instalación se va a llevar a cabo en Castilla la Mancha se tratará de la zona A, por lo que la velocidad será de 26 m/s.

$$q_b = 0,5 \cdot 1,25 \cdot 26^2 = 422,5 \text{ Pa} = 0,42 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Para el coeficiente de exposición se calculará mediante la siguiente expresión:

$$c_e = F \cdot (F + 7 \cdot k)$$

$$F = k \cdot \ln \frac{\max(z, Z)}{L}$$

Grado de aspereza del entorno	Parámetro		
	k	L (m)	Z (m)
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	0,156	0,003	1,0
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	0,17	0,01	1,0
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	0,19	0,05	2,0
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	0,22	0,3	5,0
V Centro de negocios de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	0,24	1,0	10,0

TABLA 28: Coeficientes para tipo de entorno

Escogiendo la zona IV para nuestro caso, la expresión quedaría:

$$F = 0,22 \cdot \ln \frac{5}{0,3} = 0,62$$

$$c_e = 0,62 \cdot (0,62 + 7 \cdot 0,22) = 1,34$$

Una vez obtenidos los valores necesarios, la expresión queda de la siguiente forma:

$$q_e = 0,42 \cdot 1,34 = 0,562 \frac{kN}{m^2} = 562 \frac{N}{m^2}$$

### Sobrecarga de nieve ( $q_n$ )

La acción de la nieve depende de la distribución y la intensidad de dicha carga.

Para poder determinar esta carga se aplicará la expresión:

$$q_n = \mu \cdot S_k$$

Donde:

$\mu$ : Coeficiente de forma

$S_k$ : Valor característico de la carga de nieve sobre el terreno horizontal

Para el coeficiente de forma se tomará como valor de 2 de acuerdo al punto 3 b del apartado 3.5.3 del CTE. El cual dice: “En un faldón que limita inferiormente con una limahoya, lo que supone un impedimento al deslizamiento de la nieve, se distinguen dos casos:

- a) El faldón sucesivo está inclinado en el mismo sentido, como coeficiente de forma del de encima se tomará el correspondiente a la inclinación del de debajo en una anchura de 2m.
- b) Si está inclinado en sentido contrario, y la semisuma de las inclinaciones,  $\beta$ , es mayor de  $30^\circ$ , el coeficiente de forma de ambos será de 2,0; en otro caso será  $\mu = 1 + \beta/30^\circ$  en una anchura de 2m

El valor  $S_k$  se determinará en base al Anexo E de la norma CTE DB EA, mediante la Figura E.2 Zonas climáticas de invierno y la Tabla E.2 Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal. Se toma como una carga que actúa en sentido de la gravedad.



FIGURA 8: Zonas climáticas

Altitud (m)	Zona de clima invernal, (según figura E.2)						
	1	2	3	4	5	6	7
0	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
200	0,5	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
400	0,6	0,6	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2
500	0,7	0,7	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2
600	0,9	0,9	0,3	0,5	0,5	0,4	0,2
700	1,0	1,0	0,4	0,6	0,6	0,5	0,2
800	1,2	1,1	0,5	0,8	0,7	0,7	0,2
900	1,4	1,3	0,6	1,0	0,8	0,9	0,2
1.000	1,7	1,5	0,7	1,2	0,9	1,2	0,2
1.200	2,3	2,0	1,1	1,9	1,3	2,0	0,2
1.400	3,2	2,6	1,7	3,0	1,8	3,3	0,2
1.600	4,3	3,5	2,6	4,6	2,5	5,5	0,2
1.800	-	4,6	4,0	-	-	9,3	0,2
2.200	-	8,0	-	-	-	-	-

TABLA 29: Coeficiente zona climática

En el caso de este proyecto, al situarse el emplazamiento en Mota del Cuervo (zona 4) a una altitud 630 m, interpolando en la tabla entre 600 y 700 m, se adopta un valor de  $S_k = 0,53 \text{ kN/m}^2$ .

$$q_n = 2 \cdot 0,53 = 1,06 \text{ kN/m}^2$$

Puesto que la suma de las acciones variables son menores que las que aguantan las cubiertas industriales accesibles para mantenimiento, la instalación puede efectuarse sin ningún tipo de problema.



## 2.10. PUNTO DE ACCESO Y CONEXIÓN

Como se trata de una instalación de autoconsumo con vertido a red, tiene que haber un punto de acceso y conexión al sistema de distribución. La instalación fotovoltaica se conectará al cuadro eléctrico del edificio y a su vez al cuadro de medida para poder verter los excedentes a la red eléctrica.

Realizar una instalación con excedentes sin compensación simplificada sería dar de alta la instalación como productora y eso conlleva trámites más longevos y complejos y, además, un pago mayor de impuestos que una instalación con excedentes con compensación simplificada. Teniendo en cuenta que el importe por la energía sobrante no es muy grande, de algo más de 400 euros anuales, se adapta más al proyecto verter a la red eléctrica con una compensación simplificada y así recibir un descuento en la factura eléctrica.



### 3. PRESUPUESTO

#### CAPÍTULO 1: ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN.

1.1	<p><b>Ud Instalación módulos fotovoltaicos LR4-60HPH-350M.</b>  <b>Incluye: el suministro de los módulos y todos sus elementos accesorios. Medios auxiliares.</b></p>	<table border="0"> <tr> <td style="padding-right: 20px;">Medición</td> <td>Precio</td> </tr> <tr> <td style="padding-right: 20px;">32,000</td> <td>141,05</td> </tr> </table>	Medición	Precio	32,000	141,05	<p>Importe .....: 4513,60</p>
Medición	Precio						
32,000	141,05						
1.2	<p><b>Ud Instalación del inversor FRONIUS SYMO 10.0-3-M de la planta fotovoltaica.</b>  <b>Incluye: el suministro del inversor y todos sus elementos accesorios. Medios auxiliares.</b></p>	<table border="0"> <tr> <td style="padding-right: 20px;">Medición</td> <td>Precio</td> </tr> <tr> <td style="padding-right: 20px;">1,000</td> <td>2587,54</td> </tr> </table>	Medición	Precio	1,000	2587,54	<p>Importe .....: 2857,54</p>
Medición	Precio						
1,000	2587,54						
1.3	<p><b>Ud Monitorización de la Instalación fotovoltaica.</b>  <b>Incluye: el suministro y todos sus elementos accesorios. Medios auxiliares.</b></p>	<table border="0"> <tr> <td style="padding-right: 20px;">Medición</td> <td>Precio</td> </tr> <tr> <td style="padding-right: 20px;">1,000</td> <td>188,25</td> </tr> </table>	Medición	Precio	1,000	188,25	<p>Importe .....: 188,25</p>
Medición	Precio						
1,000	188,25						
1.4	<p><b>Ud Instalación portante coplanar.</b>  <b>Incluye: grapas, grecas y sistema impermeabilizante totalmente instalada para paneles coplanares. Medios auxiliares.</b></p>	<table border="0"> <tr> <td style="padding-right: 20px;">Medición</td> <td>Precio</td> </tr> <tr> <td style="padding-right: 20px;">32,000</td> <td>45,93</td> </tr> </table>	Medición	Precio	32,000	45,93	<p>Importe .....: 1469,76</p>
Medición	Precio						
32,000	45,93						
<b>Total Capítulo 1, Elementos instalación:</b>			<b>9029.15</b>				

**CAPÍTULO 2: CABLEADO.**

<b>2.1</b>	<b>m</b>	<b>Cable PRYSMIAN TECSUN (PV) (AS) PVF-1 de 4 mm<sup>2</sup> para la instalación del cableado de corriente continua, corriente alterna y puesta a tierra.</b>			
			Medición	Precio	
			66,400	1,13	
					Importe .....: 75,03
<b>2.2</b>	<b>Ud</b>	<b>Bandejas metálicas porta cables con tapa para proteger el cableado de la instalación, modelo RDV 100 – Niedax.</b>			
			Medición	Precio	
			11,700	25,52	
					Importe .....: 298,58
					<b>Total Capítulo 2, Cableado: 373,61</b>

**CAPÍTULO 3: PROTECCIONES.**

<b>3.1</b>	<b>Ud</b>	<b>Interruptor magnetotérmico de la marca MAXGE modelo EPB-63M-DC2C25 para la protección de corriente continua.</b>			
			Medición	Precio	
			2,000	37,94	
					Importe .....: 75,88
<b>3.2</b>	<b>Ud</b>	<b>Interruptor magnetotérmico de la marca MAXGE modelo EPB-63 Me C25 para la protección de corriente alterna.</b>			
			Medición	Precio	
			1,000	43,95	
					Importe .....: 43,95
<b>3.3</b>	<b>Ud</b>	<b>Interruptor diferencial de la marca MAXGE modelo SGR/4 para la protección de corriente alterna.</b>			
			Medición	Precio	
			1,000	37,95	
					Importe .....: 37,95
					<b>Total Capítulo 3, Protecciones: 157,78</b>

CAPÍTULO 4: SEGURIDAD Y SALUD.

4.1	<b>Ud Cinturón reflectante. Amortizable en 3 usos. Certificado CE. s/R.D.773/97.</b>			
		Medición	Precio	
		4,000	3,01	
				Importe .....: 12,04
4.2	<b>Ud Chaleco de obras reflectante. Amortizable en 5 usos. Certificado CE. s/R.D.773/97.</b>			
		Medición	Precio	
		4,000	3,48	
				Importe .....: 13,92
4.3	<b>Ud Arnés de seguridad con amarre dorsal y torsal fabricado con cintura ligera de cierre rectangular con cincha de nylon de 45 mm y elementos metálicos de acero inoxidable, incluso dispositivo anticaídas de cierre y apertura de doble seguridad, deslizamiento manual y bloqueo automático, equipado con cuerda de nylon D=15,5 mm y 20 de longitud, mosquetón de amarre de 24 mm, homologado CE. Amortizable en 5 obras. Recomendado para trabajos en pendiente con amarre fijo; s/R.D.773/97.</b>			
		Medición	Precio	
		4,000	28,48	
				Importe .....: 113,92
4.4	<b>m Sistema de anclaje horizontal - línea de vida conforme a EN 795-C. Instalación de línea de vida en la cumbrera de la nave industrial empleada para el agarre en caso de desprendimiento de los instaladores en la cubierta. Acero inoxidable.</b>  <b>Instalación de punto de anclaje 975-A empleado como sistema intermedio para llegar a la línea de vida.</b>			
		Medición	Precio	
		1	1801,98	
				Importe .....: 1801,98
4.5	<b>Ud Casco de seguridad con arnés de adaptación, homologado. Certificado CE. s/R.D.773/97.</b>			
		Medición	Precio	
		4,000	1,98	
				Importe .....: 7,92
4.6	<b>Ud Gafas protectoras contra impactos, incoloras, homologadas, (amortizables en 3 usos). Certificado CE. s/R.D.773/97.</b>			
		Medición	Precio	
		2,000	1,26	

PROYECTO: DIMENSIONAMIENTO Y DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA SOBRE CUBIERTA DE NAVE INDUSTRIAL

				Importe .....	2,52
<b>4.7</b>	<b>Ud</b>	<b>Gafas antipolvo antiempañables, panorámicas, (amortizables en 3 usos). Certificado CE. s/R.D.773/97.</b>			
		Medición	Precio		
		4,000	0,67		
				Importe .....	3,48
<b>4.8</b>	<b>Ud</b>	<b>Juego de tapones anti-ruido de silicona ajustables. Certificado CE. s/R.D.773/97.</b>			
		Medición	Precio		
		4,000	0,6		
				Importe .....	2,40
<b>4.9</b>	<b>Ud</b>	<b>Cinturón de seguridad de sujeción, homologado, (amortizable en 4 usos). Certificado CE. s/R.D.773/97.</b>			
		Medición	Precio		
		4,000	4,48		
				Importe .....	17,92
<b>4.11</b>	<b>Ud</b>	<b>Par de guantes aislantes para protección de contacto eléctrico en tensión hasta 5000 V, (amortizables en 3 usos). Certificado CE. s/R.D.773/97.</b>			
		Medición	Precio		
		2,000	7,35		
				Importe .....	14,70
<b>4.12</b>	<b>Ud</b>	<b>Par de botas aislantes para electricista hasta 5000 V de tensión, (amortizables en 3 usos). Certificado CE. s/R.D.773/97.</b>			
		Medición	Precio		
		4,000	8,72		
				Importe .....	34,88
				<b>Total Capítulo 4, Seguridad y Salud:</b>	<b>1990,80</b>

#### **4. PLIEGO DE CONDICIONES**

##### **4.1. OBJETO**

Este Pliego de Condiciones determina los requisitos a que se debe ajustar la ejecución de instalaciones de la instalación fotovoltaica para autoconsumo cuyas características técnicas estarán especificadas en el correspondiente proyecto.

##### **4.2. CONDICIONES GENERALES**

El contratista está obligado al cumplimiento de la reglamentación del trabajo correspondiente, la contratación del seguro obligatorio, subsidio familiar y de vejez, seguro de enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes o que en lo sucesivo se dicten. En particular, deberá cumplir lo dispuesto en la Norma UNE 24042 “Contratación de Obras. Condiciones Generales”, siempre que no lo modifique el presente Pliego de Condiciones.

Todos los materiales a emplear en la presente instalación serán de primera calidad y reunirán las condiciones exigidas en el REBT, así como el CTE, y demás disposiciones vigentes referentes a materiales y prototipos de construcción.

Todos los trabajos incluidos en el presente proyecto se ejecutarán escrupulosamente, con arreglo a las buenas prácticas de las instalaciones eléctricas, de acuerdo con el REBT, y cumpliendo de manera estricta las instrucciones recibidas por la dirección facultativa.

##### **4.3. SEGURIDAD EN EL TRABAJO**

El contratista está obligado a cumplir la Ley 31/1995, de 8 de noviembre sobre prevención y riesgos laborales y RD 162/97 sobre disposiciones mínimas en materia de seguridad y salud en las obras de construcción.

Asimismo, deberá proveer cuanto fuese preciso para el mantenimiento de las máquinas, herramientas, materiales y útiles de trabajo en debidas condiciones de seguridad.

Mientras los operarios trabajen en circuitos o equipos en tensión o en su proximidad, usarán ropa sin accesorios metálicos y evitarán el uso innecesario de objetos de metal como por ejemplo metros, reglas o relojes. Se llevarán las herramientas o equipos en bolsas y se utilizará calzado aislante.

El personal de la contrata viene obligado a usar todos los dispositivos y medios de protección personal, herramientas y prendas de seguridad exigidos para eliminar o reducir los riesgos profesionales tales como casco, gafas, etc., pudiendo el director de obra suspender los trabajos, si estima que el personal de la contrata está expuesto a peligros que son corregibles.

El director de la obra podrá exigir del contratista, ordenándolo por escrito, el cese de la obra o después de la iniciación de los trabajos, que presente los documentos acreditativos de haber formalizado los regímenes de seguridad social de todo tipo (afiliación, accidente, enfermedad, etc.) en la forma legalmente establecida.

#### 4.4. SEGURIDAD PÚBLICA

El contratista deberá tomar todas las precauciones máximas en todas las operaciones y usos de equipos para proteger a las personas, animales y cosas de los peligros procedentes del trabajo, siendo de su cuenta las responsabilidades que por tales accidentes se ocasionen.

El contratista mantendrá una póliza de seguros que proteja suficientemente a él y a sus empleados u obreros frente a las responsabilidades por daños, responsabilidad civil, etc., que en uno y otro pudieran incurrir para el contratista o para terceros, como consecuencia de la ejecución de los trabajos.

#### 4.5. DATOS DE LA OBRA

Se entregará al contratista una copia de los planos y pliegos de condiciones del proyecto, así como cuantos planos o datos necesite para la completa ejecución de la obra.

El contratista podrá tomar nota o sacar copia a su costa de la memoria, presupuesto y anexos del proyecto, así como segundas copias de todos los documentos.

El contratista se hace responsable de la buena conservación de los originales de donde obtenga las copias, los cuales serán devueltos al director de obra después de su utilización.

Por otra parte, en un plazo máximo de dos meses, después de la finalización de los trabajos, el contratista deberá actualizar los diversos planos y documentos existentes, de acuerdo con las características de la obra terminada, entregando al director de obra dos expedientes completos relativos a los trabajos realmente ejecutados.

No se harán por el contratista alteraciones, correcciones, omisiones, adiciones o variaciones sustanciales en los datos fijados en el proyecto, salvo aprobación previa por escrito del director de obra.

#### 4.6. REPLANTEO DE LA OBRA

El director de obra, una vez que el contratista esté en posesión del proyecto y antes de comenzar las obras, deberá hacer el replanteo de las mismas, con especial atención en los puntos singulares, entregando al contratista las referencias y datos necesarios para fijar completamente la ubicación de los mismos.

Se levantará por duplicado acta, en la que constarán, los datos entregados, firmado por el director de obra y por el representante del contratista.

Los gastos de replanteo serán de cuenta del contratista.

#### 4.7. MEJORAS Y VARIACIONES DEL PROYECTO

No se considerarán como mejoras, ni variaciones del proyecto más que aquellas que hayan sido ordenadas por escrito por el director de obra y convenido precio antes de proceder a su ejecución.

Las obras accesorias o delicadas, no incluidas en los precios de adjudicación, podrán ejecutarse con personal independiente del contratista.

#### 4.8. RECEPCIÓN DEL MATERIAL

El director de la obra de acuerdo con el contratista dará a su debido tiempo su aprobación sobre el material suministrado y confirmará que permite una instalación correcta.

La vigilancia y conservación del material suministrado será por cuenta del contratista.

#### 4.9. ORGANIZACIÓN

El contratista actuará de patrono legal, aceptando todas las responsabilidades correspondientes y quedando obligado al pago de los salarios y cargas que legalmente están establecidas, y en general, a todo cuanto se legisle, decrete u ordene sobre el particular antes o durante la ejecución de la obra.

Dentro de lo estipulado en el Pliego de Condiciones, la organización de la obra, así como la determinación de la procedencia de los materiales que se empleen, estará a cargo del contratista a quien corresponderá la responsabilidad de la seguridad contra accidentes.

El contratista deberá, informar al director de obra de todos los planes de organización técnica de la obra, así como de la procedencia de los materiales y cumplimentar cuantas órdenes le de éste en relación con datos extremos.

En las obras por administración, el contratista deberá dar cuenta diaria al director de obra de la admisión de personal, compra de materiales, adquisición o alquiler de elementos auxiliares y cuantos gastos haya de efectuar. Para los contratos de trabajo, compra de material o alquiler de elementos auxiliares, cuyos salarios, precios o cuotas sobrepasen en más de un 5% de los normales en el mercado, solicitará la aprobación previa del director de obra, quien deberá responder dentro de los ocho días siguientes a la petición, salvo casos de reconocida urgencia, en los que se dará cuenta posteriormente.

#### 4.10. FACILIDADES PARA LA INSPECCIÓN

El contratista proporcionará al director de obra o delegados y colaboradores, toda clase de facilidades para los replanteos, reconocimientos, mediciones y pruebas de los materiales, así como la mano de obra necesaria para los trabajos que tengan por objeto comprobar el cumplimiento de las condiciones establecidas, permitiendo el acceso a todas las partes de la obra e incluso a los talleres o fábricas donde se produzcan los materiales o se realicen trabajos para las obras

#### 4.11. CANALIZACIONES ELÉCTRICAS

Los cables se colocarán dentro de tubos o canales, fijados directamente sobre las paredes, o bajo tubos enterrados, según se indica en memoria, planos y mediciones.

Antes de iniciar el tendido de las líneas de cada serie en la parte de continua, deberán estar preparadas las necesarias canalizaciones al ejecutar la obra previa. Deberá replantearse sobre ésta en forma visible la situación de las cajas de registro y protección, así como el recorrido de las líneas, señalando de forma conveniente la naturaleza de cada elemento.

#### 4.12. IDENTIFICACIÓN DE LAS INSTALACIONES

Las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que, por conveniente identificación de sus circuitos y elementos, se pueda proceder en todo momento a reparaciones, transformaciones, etc.

Los conductores de la instalación deben ser fácilmente identificables, especialmente por lo que respecta al conductor neutro y al conductor de protección. Esta identificación se realizará por los colores que presenten sus aislamientos. Cuando exista conductor neutro en la instalación o se prevea para un conductor de fase su pase posterior a conductor neutro, se identificarán estos por el color azul claro. Al conductor de protección se le identificará por el color verde – amarillo. Todos los conductores de fase, o en su caso, aquellos para los que no se prevea su pase posterior a neutro, se identificarán por los colores marrón, negro o gris.

#### 4.13. CAJAS DE EMPALME

Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material plástico resistente incombustible o metálicas, en cuyo caso estarán aisladas interiormente y protegidas contra la oxidación. Deberán ser de clase 2. En ningún caso se permitirá la unión de conductores, como empalmes o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión.

Los conductos se fijarán firmemente a todas las cajas de salida, de empalme y de paso, mediante contratueras y casquillos. Se tendrá cuidado de que quede al descubierto el número total de hilos de rosca al objeto de que el casquillo pueda ser perfectamente apretado contra el externo del conducto, después de lo cual se apretará la contratuerca para poner firmemente el casquillo en contacto eléctrico con la caja.

Los conductos y cajas se sujetarán por medio de clavos Split sobre metal. Los pernos de fijador de tipo tornillo se usarán en instalaciones permanentes, los de tipo de tuerca cuando se precise desmontar la instalación, y los pernos de expansión serán de apertura efectiva. Serán de construcción sólida y capaces de resistir una tracción mínima de 20 kg. No se hará uso de clavos por medio de sujeción de cajas o conductos.

#### 4.14. LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN Y CANALIZACIÓN

La distribución del cableado deberá permitir un fácil acceso a todas las partes del mismo y la identificación del sistema a que pertenece.

Las canalizaciones que transcurran por el interior de los seguidores se realizarán mediante tubo rígido de PVC curvable en caliente, o bien tubo flexible de poliamida de sección variable en función del número de cables a alojar. Las derivaciones y conexiones de las líneas se realizarán en cajas estancas de registro.

Los cables serán de aislamiento clase 2, de polietileno reticulado y cubierta de PVC, tipo RV – 0,6/1 KV, s/UNE 21 – 123.

Las conexiones se realizarán de forma segura, con terminales, indicando el número identificador según esquemas.

#### 4.15. INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS

A la salida de los inversores, se colocará el cuadro general de mando y protección, en el que se dispondrá un interruptor general de corte omnipolar, así como dispositivos de protección contra sobreintensidades de cada uno de los circuitos que parten de dicho cuadro.

La protección contra sobreintensidades para todos los conductores (fases y neutro) de cada circuito se hará con interruptores magnetotérmicos o automáticos de corte omnipolar, con curva térmica de corte para la protección a sobrecargas y sistema de corte electromagnético para la protección a cortocircuitos.

En general, los dispositivos destinados a la protección de los circuitos se instalarán en el origen de éstos, así como en los puntos en que la intensidad admisible disminuya por cambios debidos a sección, condiciones de instalación, sistema de ejecución o tipo de conductores utilizados. No obstante, no se exige instalar dispositivos de protección en el origen de un circuito en que se presente una disminución de la intensidad admisible en el mismo, cuando su protección quede asegurada por otro dispositivo instalado anteriormente.

El interruptor de entrada al cuadro, de corte omnipolar, será selectivo con los interruptores situados aguas abajo, tras él.

#### 4.16. FUSIBLES

Los fusibles serán de alta capacidad de ruptura, limitadores de corriente.

Se dispondrán sobre material aislante e incombustible, y estarán contruidos de tal forma que no se pueda proyectar metal al fundirse. Llevarán marcadas la intensidad y tensión nominales de trabajo.

No serán admisibles elementos en los que la reposición del fusible pueda suponer un peligro de accidente. Estará montado sobre una empuñadura que pueda ser retirada fácilmente de la base.

#### 4.17. INTERRUPTORES DIFERENCIALES

En la parte de alterna, la protección contra contactos directos se asegurará adoptando las siguientes medidas:

Protección por aislamiento de las partes activas. Las partes activas deberán estar recubiertas de un aislamiento que no pueda ser eliminado más que destruyéndolo.

Protección por medio de barreras o envolventes. Las partes activas deben estar situadas en el interior de las envolventes o detrás de barreras. Si se necesitan aberturas mayores para la reparación de piezas o para el buen funcionamiento de los equipos, se adoptarán precauciones apropiadas para impedir que las personas o animales domésticas toquen las partes activas y se garantizará que las personas sean conscientes del hecho de que las partes activas no deben ser tocadas voluntariamente.

Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial – residual. Esta medida de protección está destinada solamente a complementar otras medidas de protección contra los contactos directos.

El empleo de dispositivos de corriente diferencial – residual, cuyo valor de corriente diferencial asignada de funcionamiento sea inferior o igual a 30 mA, se reconoce como medida de protección complementaria en caso de fallo de otra medida de protección contra los contactos directos o en caso de imprudencia de los usuarios.

La protección contra contactos indirectos se conseguirá mediante “corte automático de la alimentación”. Esta medida consiste en impedir, después de la aparición de un fallo, que una tensión de contacto de valor suficiente se mantenga durante un tiempo tal que pueda

dar como resultado un riesgo. La tensión límite convencional es igual a 50 V, valor eficaz en corriente alterna, en condiciones normales y a 24 V en locales húmedos.

Se cumplirá la siguiente condición:  $R_a \times I_a \times U$ , donde:

- $R_a$  es la suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección de masas.
- $I_a$  es la corriente que asegura el funcionamiento automático del dispositivo de protección. Cuando el dispositivo de protección es un dispositivo de corriente diferencial – residual es la corriente diferencial – residual asignada.
- $U$  es la tensión de contacto límite convencional (50 o 24 V).

#### 4.18. EQUIPOS DE MEDIDA

Los contadores de energía activa y reactiva estarán homologados por el organismo competente.

La tierra de medida estará unida a la tierra del neutro de baja tensión constituyendo la tierra de servicio, que será independiente de la tierra de protección.

En general, para todo lo referente al montaje del equipo de medida, precintabilidad, grado de protección, etc., se tendrán en cuenta lo indicado a tal efecto en la normativa de la compañía suministradora.

#### 4.19. PUESTA A TIERRA DE LAS INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS

En concreto la instalación cumplirá con lo dispuesto en el Real Decreto 1699/2011 (artículo 15) sobre las condiciones de puesta a tierra en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión. En concreto:

- La puesta a tierra de las instalaciones interconectadas se hará siempre de forma que no se alteren 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.
- La instalación deberá disponer de una separación galvánica entre la red de distribución y las instalaciones generadoras, bien sea por medio de un transformador de aislamiento o cualquier otro medio que cumpla las mismas funciones de acuerdo con la reglamentación de seguridad y calidad industrial aplicable.

- Las masas de la instalación de generación estarán conectadas a una tierra independiente de la del neutro de la empresa distribuidora y cumplirán con lo indicado en los reglamentos de seguridad y calidad industrial vigentes que sean de aplicación.

No se indica en el RD 1699/2011 pero se indica en la normativa, que las masas de la instalación fotovoltaica, así como de las otras masas del lugar, estarán conectadas de forma independiente de los conductores correspondientes a la puesta a tierra del pararrayo o pararrayos del lugar si los hubiera (los conductores provenientes de la instalación captadora de rayos y de derivación se conectarán directamente con la puesta a tierra del edificio o lugar de emplazamiento).

#### 4.20. INSPECCIONES Y PRUEBAS EN FÁBRICA

La aparatamenta se someterá en fábrica a una serie de ensayos para comprobar que están libres de defectos mecánicos y eléctricos.

En particular se harán por lo menos las siguientes comprobaciones:

- Se medirá la resistencia de aislamiento con relación a tierra y entre conductores, que tendrá un valor de al menos 0,50 Mohm.
- Una prueba de rigidez dieléctrica, que se efectuará aplicando una tensión igual a dos veces la tensión nominal más 1000 voltios, con un mínimo de 1500 voltios, durante 1 minuto a la frecuencia nominal. Este ensayo se realizará estando los aparatos de interrupción cerrados y los cortocircuitos instalados como en servicio normal.
- Se calibrarán y ajustarán todas las protecciones de acuerdo con los valores suministrados por el fabricante.

#### 4.21. MEDIOS AUXILIARES

No se abonarán en concepto de medios auxiliares más cantidades que las que figuren consignadas en el presupuesto, entendiéndose que en todos los demás casos el costo de dichos medios está incluido en los correspondientes precios del presupuesto.

#### 4.22. EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

Las obras se ejecutarán conforme al proyecto y a las condiciones contenidas en este Pliego de Condiciones.

El contratista, salvo aprobación por escrito del director de obra, no podrá hacer ninguna alteración o modificación de cualquier naturaleza en la ejecución de la obra en relación con el proyecto.

El contratista no podrá utilizar en los trabajos personal que no sea de su exclusiva cuenta y cargo. Salvo en el caso de las subcontratas.

Igualmente, será de su exclusiva cuenta y cargo aquel personal ajeno al propiamente manual y que sea necesario para el control administrativo del mismo.

El contratista deberá tener al frente de los trabajos un técnico suficientemente especializado a juicio del director de obra.

#### 4.23. SUBCONTRATACIÓN DE LAS OBRAS

Salvo que el contrato disponga lo contrario o que de su naturaleza y condiciones se deduzca que la obra ha de ser ejecutada directamente por el adjudicatario, podrá éste concertar con terceros la realización de determinadas unidades de obra.

La celebración de los subcontratos estará sometida al cumplimiento de los siguientes requisitos:

- Que se dé conocimiento por escrito al director de obra al subcontrato a celebrar, con indicación de las partes de obra a realizar y sus condiciones económicas, a fin de que aquél lo autorice previamente.
- Que las unidades de obra que el adjudicatario contrate con terceros no excedan del 50% del presupuesto total de la obra principal.

En cualquier caso, el contratista no quedará vinculado en absoluto ni reconocerá ninguna obligación contractual entre él y el subcontratista y cualquier subcontratación de obras no eximirá al contratista de ninguna de sus obligaciones respecto al contratante.

#### 4.24. PLAZO DE EJECUCIÓN

Los plazos de ejecución, total y parciales, indicados en el contrato, se empezarán a contar a partir de la fecha de replanteo.

El contratista estará obligado a cumplir con los plazos que se señalen en el contrato para la ejecución de las obras y que serán improrrogables.

No obstante, lo anteriormente indicado, los plazos podrán ser objeto de modificaciones cuando así resulte por cambios determinados por el director de obra debidos a exigencias de la realización de las obras y siempre que tales cambios influyan realmente en los plazos señalados en el contrato.

Si por cualquier causa, ajena por completo al contratista, no fuera posible empezar los trabajos en la fecha prevista o tuvieran que ser suspendidos una vez empezados, se concederá por el director de obra, la prórroga estrictamente necesaria.

#### 4.25. RECEPCIÓN PROVISIONAL

Una vez terminadas las obras y a los quince días siguientes a la petición del contratista se hará la recepción provisional de las mismas por el contratante, requiriendo para ello la presencia del director de obra y del representante del contratista, levantándose la correspondiente acta, en la que se hará constar la conformidad con los trabajos realizados, si este es el caso. Dicha acta será firmada por el director de obra y el representante del contratista, dándose la obra por recibida si se ha ejecutado correctamente, comenzándose entonces a contar el plazo de garantía.

#### 4.26. MANTENIMIENTO

El mantenimiento de una instalación fotovoltaica debe asegurar el correcto funcionamiento del sistema, manteniendo las condiciones óptimas que existían en su puesta en marcha inicial y minimizando el riesgo de aparición de averías.

Cuando sea necesario intervenir nuevamente en la instalación, bien sea por causa de averías o para efectuar modificaciones en la misma, deberán tenerse en cuenta todas las especificaciones reseñadas en los apartados de ejecución, control y seguridad, en la misma forma que si se tratara de una instalación nueva. Se aprovechará la ocasión para comprobar el estado general de la instalación, sustituyendo o reparando aquellos

elementos que lo precisen, utilizando materiales de características similares a los reemplazados.

Para llevar a cabo dicho mantenimiento se suscribirá un contrato, con una duración mínima inicial de cinco años, donde vendrán definidas las condiciones de operación tanto normal, para el mantenimiento preventivo, como en caso de averías, mantenimiento correctivo. Asimismo, se contratará un seguro de daños, y pérdida de beneficios, en caso de siniestro como, por ejemplo, robo, caída de pedrisco, avería de origen eléctrico, etc., de forma que se siga asegurando la rentabilidad de la instalación.

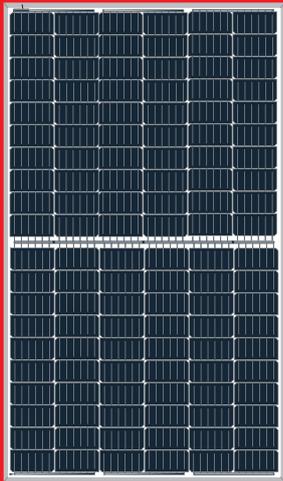


## 5. ANEXO I: FICHAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS INSTALADOS



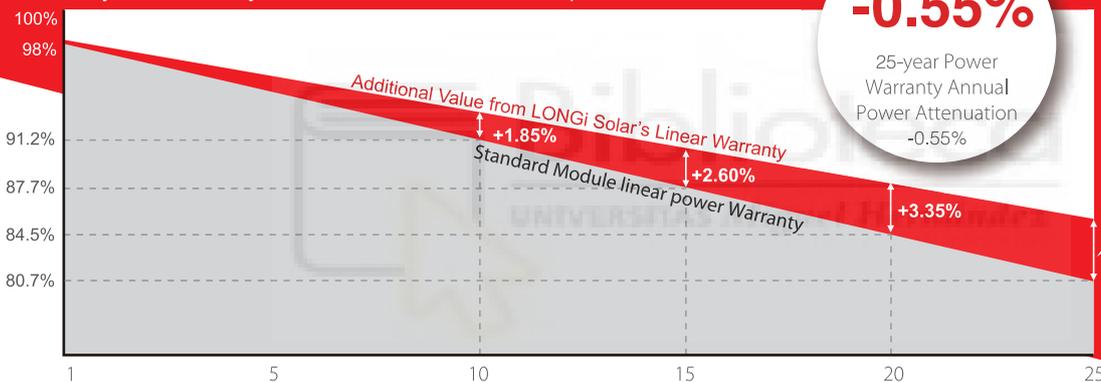
# LR4-60HPH 350~370M

Hi-MO4m



**High Efficiency  
Low LID Mono PERC with  
Half-cut Technology**

10-year Warranty for Materials and Processing;  
25-year Warranty for Extra Linear Power Output



**-0.55%**

25-year Power  
Warranty Annual  
Power Attenuation  
-0.55%

**+4.10%**

## Complete System and Product Certifications

IEC 61215, IEC61730, UL1703  
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



\* Specifications subject to technical changes and tests. LONGi Solar reserves the right of interpretation.

**Positive power tolerance** (0 ~ +5W) guaranteed

**High module conversion efficiency** (up to 19.8%)

**Slower power degradation** enabled by Low LID Mono PERC technology: first year <2%, 0.55% year 2-25

**Solid PID resistance** ensured by solar cell process optimization and careful module BOM selection

**Reduced resistive loss** with lower operating current

**Higher energy yield** with lower operating temperature

**Reduced hot spot risk** with optimized electrical design and lower operating current

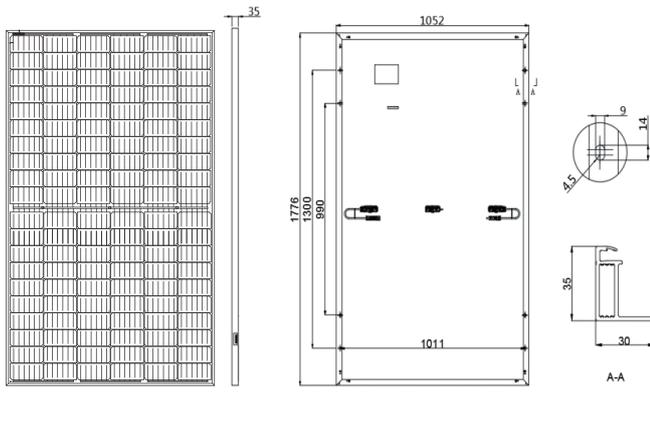
# LONGi

Room 801, Tower 3, Lujiazui Financial Plaza, No.826 Century Avenue, Pudong Shanghai, 200120, China  
Tel: +86-21-80162606 E-mail: module@longi-silicon.com Facebook: www.facebook.com/LONGi Solar

Note: Due to continuous technical innovation, R&D and improvement, technical data above mentioned may be of modification accordingly. LONGi Solar have the sole right to make such modification at anytime without further notice; Demanding party shall request for the latest datasheet for such as contract need, and make it a consisting and binding part of lawful documentation duly signed by both parties.

# LR4-60HPH 350~370M

## Design (mm)



## Mechanical Parameters

Cell Orientation: 120 (6×20)  
 Junction Box: IP68, three diodes  
 Output Cable: 4mm<sup>2</sup>, 300mm in length, length can be customized  
 Glass: Single glass  
 3.2mm coated tempered glass  
 Frame: Anodized aluminum alloy frame  
 Weight: 20 kg  
 Dimension: 1776×1052×35mm

Packaging: 30pcs per pallet  
 180pcs per 20'GP  
 720pcs per 40'HC

Units: mm(inch)  
 Tolerance:  
 Length: ±2mm  
 Width: ±2mm  
 Height: ±1mm  
 Pitch-row: ±1mm

## Operating Parameters

Operational Temperature: -40°C ~ +85°C  
 Power Output Tolerance: 0 ~ +5 W  
 Voc and Isc Tolerance: ±3%  
 Maximum System Voltage: DC1500V (IEC/UL)  
 Maximum Series Fuse Rating: 20A  
 Nominal Operating Cell Temperature: 45±2°C  
 Safety Class: Class II  
 Fire Rating: UL type 1 or type 2

## Electrical Characteristics

Test uncertainty for Pmax: ±3%

Model Number	LR4-60HPH-350M		LR4-60HPH-355M		LR4-60HPH-360M		LR4-60HPH-365M		LR4-60HPH-370M	
	STC	NOCT								
Maximum Power (Pmax/W)	350	259.3	355	263.0	360	266.7	365	270.4	370	274.1
Open Circuit Voltage (Voc/V)	40.5	37.8	40.7	38.0	40.9	38.2	41.1	38.4	41.3	38.5
Short Circuit Current (Isc/A)	11.02	8.89	11.10	8.95	11.20	9.03	11.28	9.09	11.37	9.17
Voltage at Maximum Power (Vmp/V)	33.3	30.8	33.5	30.9	33.7	31.1	33.9	31.3	34.1	31.5
Current at Maximum Power (Imp/A)	10.52	8.44	10.60	8.50	10.69	8.57	10.77	8.64	10.86	8.71
Module Efficiency(%)	18.7		19.0		19.3		19.5		19.8	

STC (Standard Testing Conditions): Irradiance 1000W/m<sup>2</sup>, Cell Temperature 25°C, Spectra at AM1.5

NOCT (Nominal Operating Cell Temperature): Irradiance 800W/m<sup>2</sup>, Ambient Temperature 20°C, Spectra at AM1.5, Wind at 1m/s

## Temperature Ratings ( STC )

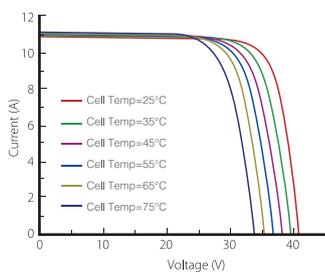
Temperature Coefficient of Isc	+0.057%/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.286%/°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.370%/°C

## Mechanical Loading

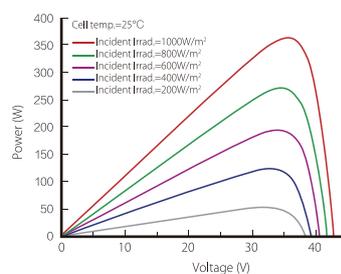
Front Side Maximum Static Loading	5400Pa
Rear Side Maximum Static Loading	2400Pa
Hailstone Test	25mm Hailstone at the speed of 23m/s

## I-V Curve

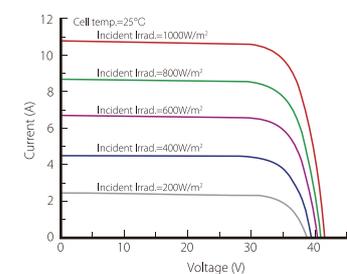
Current-Voltage Curve (LR4-60HPH-360M)



Power-Voltage Curve (LR4-60HPH-360M)



Current-Voltage Curve (LR4-60HPH-360M)



Room 801, Tower 3, Lujiazui Financial Plaza, No.826 Century Avenue, Pudong Shanghai, 200120, China  
 Tel: +86-21-80162606 E-mail: module@longi-silicon.com Facebook: www.facebook.com/LONGI Solar

Note: Due to continuous technical innovation, R&D and improvement, technical data above mentioned may be of modification accordingly. LONGI Solar have the sole right to make such modification at anytime without further notice; Demanding party shall request for the latest datasheet for such as contract need, and make it a consisting and binding part of lawful documentation duly signed by both parties.

# FRONIUS SYMO

/ Máxima flexibilidad para las aplicaciones del futuro



/ Tecnología SnapINverter



/ Comunicación de datos integrada



/ Diseño SuperFlex



/ Seguimiento inteligente GMPP



/ Smart Grid Ready



/ Inyección cero



/ Con un rango de potencia nominal entre 3,0 y 20,0 kW, el Fronius Symo es el inversor trifásico sin transformador para todo tipo de instalaciones. Gracias a su flexible diseño, el Fronius Symo es perfecto para instalaciones en superficies irregulares o para tejados con varias orientaciones. La conexión a Internet a través de WLAN o Ethernet y la facilidad de integración de componentes de otros fabricantes hacen del Fronius Symo uno de los inversores con mayor flexibilidad en comunicaciones en el mercado. El inversor Fronius Symo puede completarse de manera opcional con un Fronius Smart Meter, que es un equipo que envía la información más completa al sistema de monitorización, consiguiendo además, que el inversor no incluya energía a la red eléctrica.



## DATOS TÉCNICOS FRONIUS SYMO (10.0-3-M, 12.5-3-M, 15.0-3-M, 17.5-3-M, 20.0-3-M)

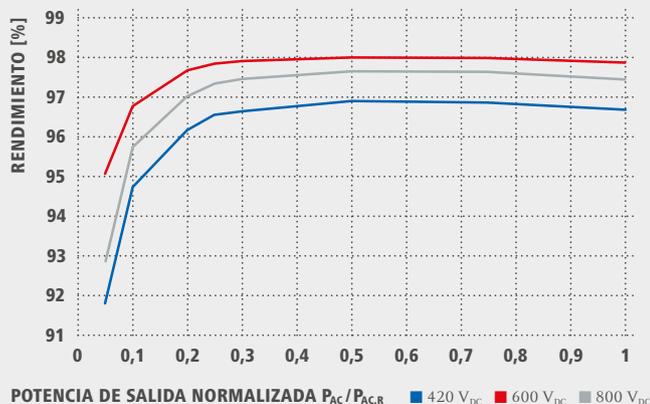
DATOS DE ENTRADA	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Máxima corriente de entrada ( $I_{dc\ máx. 1} / I_{dc\ máx. 2}$ )	27 A / 16,5 A <sup>1)</sup>		33 A / 27 A		
Máxima corriente de entrada total utilizada ( $I_{dc\ máx. 1} + I_{dc\ máx. 2}$ )	43,5 A		51,0 A		
Máxima corriente de cortocircuito por serie FV (MPP <sub>1</sub> / MPP <sub>2</sub> )	40,5 A / 24,8 A		49,5 A / 40,5 A		
Mínima tensión de entrada ( $U_{dc\ mín.}$ )	200 V				
Tensión CC mínima de puesta en servicio ( $U_{dc\ arranque}$ )	200 V				
Tensión de entrada nominal ( $U_{dc,r}$ )	600 V				
Máxima tensión de entrada ( $U_{dc\ máx.}$ )	1.000 V				
Rango de tensión MPP ( $U_{mpp\ mín.} - U_{mpp\ máx.}$ )	270 - 800 V	320 - 800 V		370 - 800 V	420 - 800 V
Número de seguidores MPP	2				
Número de entradas CC	3+3				
Máxima salida del generador FV ( $P_{dc\ máx.}$ )	15,0 kW <sub>peak</sub>	18,8 kW <sub>peak</sub>	22,5 kW <sub>peak</sub>	26,3 kW <sub>peak</sub>	30,0 kW <sub>peak</sub>
DATOS DE SALIDA	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Potencia nominal CA ( $P_{ac,r}$ )	10.000 W	12.500 W	15.000 W	17.500 W	20.000 W
Máxima potencia de salida	10.000 VA	12.500 VA	15.000 VA	17.500 VA	20.000 VA
Máxima corriente de salida ( $I_{ac\ máx.}$ )	14,4 A	18,0 A	21,7 A	25,3 A	28,9 A
Acoplamiento a la red (rango de tensión)	3-NPE 400 V / 230 V o 3-NPE 380 V / 220 V (+20 % / -30 %)				
Frecuencia (rango de frecuencia)	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)				
Coefficiente de distorsión no lineal	1,8 %	2,0 %	1,5 %	1,5 %	1,3 %
Factor de potencia ( $\cos \phi_{ac,r}$ )	0 - 1 ind. / cap.				
DATOS GENERALES	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)	725 x 510 x 225 mm				
Peso	34,8 kg		43,4 kg		
Tipo de protección	IP 66				
Clase de protección	1				
Categoría de sobretensión (CC / CA) <sup>2)</sup>	1 + 2 / 3				
Consumo nocturno	< 1 W				
Concepto de inversor	Sin Transformador				
Refrigeración	Refrigeración de aire regulada				
Instalación	Instalación interior y exterior				
Margen de temperatura ambiente	-40 - +60 °C				
Humedad de aire admisible	0 - 100 %				
Máxima altitud	2.000 m / 3.400 m (rango de tensión sin restricciones / con restricciones)				
Tecnología de conexión CC	6 x CC+ y 6 x CC bornes roscados 2,5 - 16 mm <sup>2</sup>				
Tecnología de conexión principal	5 polos CA bornes roscados 2,5 - 16 mm <sup>2</sup>				
Certificados y cumplimiento de normas	ÖVE / ÖNORM E 8001-4-712, DIN V VDE 0126-1-1/A1, VDE AR N 4105, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 3100, AS 4777-2, AS 4777-3, CER 06-190, G83/2, UNE 206007-1, SI 4777, CEI 0-16, CEI 0-21, NRS 097				

<sup>1)</sup> 14,0 A para tensiones < 420 V

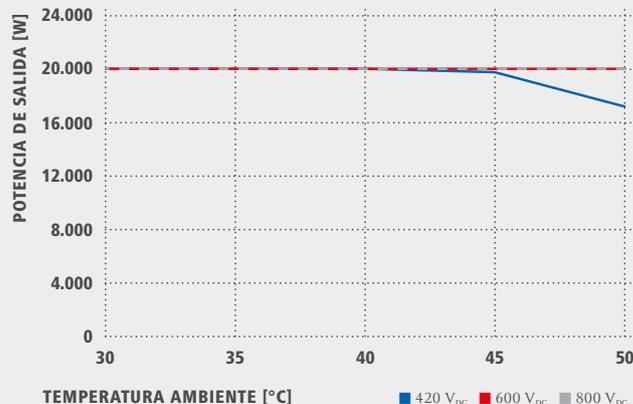
<sup>2)</sup> De acuerdo con IEC 62109-1. Disponible rail DIN opcional para tipo 1 + 2 y tipo 2 de protección de sobretensión.

Más información sobre la disponibilidad de inversores en su país en [www.fronius.es](http://www.fronius.es).

## CURVA DE RENDIMIENTO FRONIUS SYMO 20.0-3-M



## REDUCCIÓN DE TEMPERATURA FRONIUS SYMO 20.0-3-M



## DATOS TÉCNICOS FRONIUS SYMO (10.0-3-M, 12.5-3-M, 15.0-3-M, 17.5-3-M, 20.0-3-M)

RENDIMIENTO	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Máximo rendimiento	98,0 %				
Rendimiento europeo ( $\eta_{EU}$ )	97,4%	97,6 %	97,8 %	97,8 %	97,9 %
$\eta$ con 5 % $P_{Ac,r}$ <sup>1)</sup>	87,9 / 92,5 / 89,2 %	88,7 / 93,1 / 90,1 %	91,2 / 94,8 / 92,3 %	91,6 / 95,0 / 92,7 %	91,9 / 95,2 / 93,0 %
$\eta$ con 10 % $P_{Ac,r}$ <sup>1)</sup>	91,2 / 94,9 / 92,8 %	92,9 / 96,1 / 94,6 %	93,4 / 96,0 / 94,4 %	94,0 / 96,4 / 95,0 %	94,8 / 96,9 / 95,8 %
$\eta$ con 20 % $P_{Ac,r}$ <sup>1)</sup>	94,6 / 97,1 / 96,1 %	95,4 / 97,3 / 96,6 %	95,9 / 97,4 / 96,7 %	96,1 / 97,6 / 96,9 %	96,3 / 97,8 / 97,1 %
$\eta$ con 25 % $P_{Ac,r}$ <sup>1)</sup>	95,4 / 97,3 / 96,6 %	95,6 / 97,6 / 97,0 %	96,2 / 97,6 / 97,0 %	96,4 / 97,8 / 97,2 %	96,7 / 97,9 / 97,4 %
$\eta$ con 30 % $P_{Ac,r}$ <sup>1)</sup>	95,6 / 97,5 / 96,9 %	95,9 / 97,7 / 97,2 %	96,5 / 97,8 / 97,3 %	96,6 / 97,9 / 97,4 %	96,8 / 98,0 / 97,6 %
$\eta$ con 50 % $P_{Ac,r}$ <sup>1)</sup>	96,3 / 97,9 / 97,4 %	96,4 / 98,0 / 97,5 %	96,9 / 98,1 / 97,7 %	97,0 / 98,1 / 97,7 %	97,0 / 98,1 / 97,8 %
$\eta$ con 75 % $P_{Ac,r}$ <sup>1)</sup>	96,5 / 98,0 / 97,6 %	96,5 / 98,0 / 97,6 %	97,0 / 98,1 / 97,8 %	97,0 / 98,1 / 97,8 %	97,0 / 98,1 / 97,7 %
$\eta$ con 100 % $P_{Ac,r}$ <sup>1)</sup>	96,5 / 98,0 / 97,6 %	96,5 / 97,8 / 97,6 %	97,0 / 98,1 / 97,7 %	96,9 / 98,1 / 97,6 %	96,8 / 98,0 / 97,6 %
Rendimiento de adaptación MPP	> 99,9 %				
EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Medición del aislamiento CC	Sí				
Comportamiento de sobrecarga	Desplazamiento del punto de trabajo, limitación de potencia				
Seccionador CC	Sí				
Protección contra polaridad inversa	Sí				
INTERFACES	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
WLAN / Ethernet LAN	Fronius Solar.web, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)				
6 inputs digitales y 4 inputs/outputs digitales	Interface receptor del control de onda				
USB (Conector A) <sup>2)</sup>	Datalogging, actualización de inversores vía USB				
2 conectores RJ 45 (RS422) <sup>2)</sup>	Fronius Solar Net				
Salida de aviso <sup>2)</sup>	Gestión de la energía (salida de relé libre de potencial)				
Datalogger y Servidor web	Incluido				
Input externo <sup>2)</sup>	Interface SO-Meter / Input para la protección contra sobretensión				
RS485	Modbus RTU SunSpec o conexión del contador				

<sup>1)</sup>  $\eta$  con  $U_{mpp\ min.} / U_{dc,r} / U_{mpp\ max.}$  <sup>2)</sup> También disponible en la versión light.

# FRONIUS SMART METER TS

Contador bidireccional para la gestión inteligente de energía



Fronius Smart Meter TS es un contador bidireccional que optimiza el autoconsumo, controla los diferentes flujos de energía y registra la curva de consumo. Gracias a la medición de alta precisión y la rápida comunicación a través del interface Modbus RTU, la limitación de potencia, cuando hay límites configurados, es más rápida y precisa que con el controlador S0.

Junto con Fronius Solar.web, ofrece una visión detallada del consumo de energía. En combinación con las soluciones de almacenamiento Fronius, este dispositivo garantiza una coordinación perfecta de diferentes flujos de energía, optimizando así la energía total. El Smart Meter TS es perfecto para su uso junto con los inversores GEN24 Plus y Tauro, así como con otros inversores que contengan un Fronius Datamanager 2.0.

## FRONIUS SMART METER TS

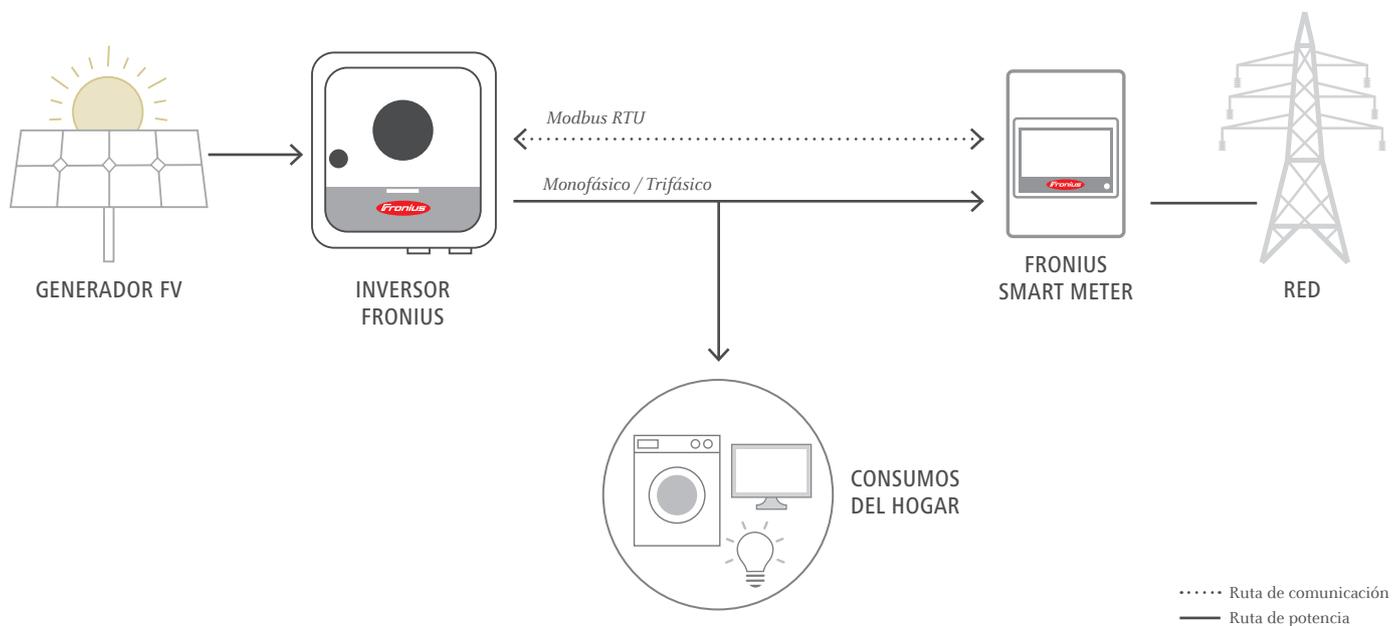
DATOS TÉCNICOS	FRONIUS SMART METER TS 100A -1	FRONIUS SMART METER TS 65A -3	FRONIUS SMART METER TS 5KA -3
Tensión nominal	230 V	208 - 400 V	220 - 480 V
Tolerancia	-30% - +20%	-20% - +20%	-20% - +15%
Frecuencia nominal		50 a 60 Hz	
Rango de frecuencia de red		45 a 65 Hz	
Máxima corriente	1 x 100 A	3 x 65 A	3 x 5000 A
Sección de cable de alimentación	1 - 25 mm <sup>2</sup>	1 - 16 mm <sup>2</sup>	1 - 4 mm <sup>2</sup>
Sección de cable neutro	1 - 25 mm <sup>2</sup>	0,05 - 1,5 mm <sup>2</sup>	1 - 4 mm <sup>2</sup>
Sección de cable de comunicación		0,05 - 1,5 mm <sup>2</sup>	
Consumo de energía		<=1W	
Intensidad de inicio	40 mA	20 mA	10 mA
Clase de protección		1	
Precisión de energía activa		Clase 1 (EN62053-21) / Clase B (EN50470-3)	
Precisión de energía reactiva		Clase 2 (EN 62053-23)	
Sobrecorriente de corta duración	3000A/10ms	1950A/10ms	25A/500ms
Montaje		Interior (Carril DIN)	
Carcasa	2 módulos DIN 43880	3 módulos DIN 43880	3 módulos DIN 43880
Tipo de protección		IP 51 (marco frontal), IP 20 (terminales)	
Rango de temperatura de operación		-25 a +65°C	
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)	91,5 x 35,8 x 63,0 mm	91,5 x 53,8 x 63,0 mm	91,5 x 53,8 x 63,0 mm
Interface para el inversor		Modbus RTU (RS485)	
Display		3 x 8 dígito / Pantalla táctil	

## VENTAJAS

- / Limitación de potencia rápida y precisa
- / Junto con Fronius Solar.web ofrece una visión detallada del consumo de energía
- / Gestión de energía con solución de almacenamiento Fronius
- / Identificación de oportunidades para optimizar el sistema FV
- / Monitorización y análisis de cargas



## ESQUEMA DE CONFIGURACIÓN



El Fronius Smart Meter es compatible con todos los inversores con un Interface RS485 (Modbus RTU). También puede ser instalado en cualquier momento junto con el Fronius Datamanager 2.0, después de la puesta en marcha de un inversor.

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

### TRES UNIDADES DE NEGOCIO, UNA MISMA PASIÓN: TECNOLOGÍA QUE ESTABLECE ESTÁNDARES.

Lo que en 1945 comenzó como una empresa unipersonal, en la actualidad marca los estándares tecnológicos en los sectores de tecnología de soldadura, energía fotovoltaica y carga de baterías. En la actualidad contamos en todo el mundo con 4.550 empleados y 1.241 patentes concedidas por desarrollos de productos, poniendo de manifiesto nuestro innovador espíritu. La expresión "desarrollo sostenible" significa para nosotros fomentar aspectos sociales y relevantes para el medio ambiente, teniendo en cuenta los factores económicos. Nuestro objetivo siempre ha sido el mismo: ser líderes en innovación.

Para obtener información más detallada sobre todos los productos de Fronius y nuestros distribuidores y representantes en todo el mundo visite [www.fronius.com](http://www.fronius.com) v08 Aug 2017 ES

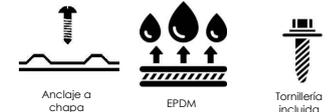
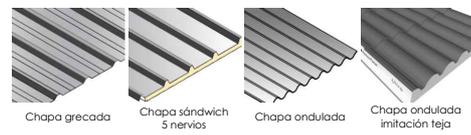
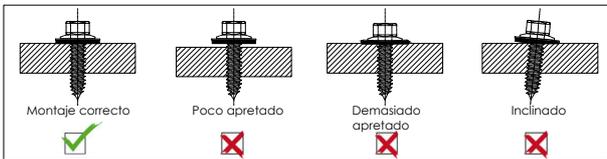
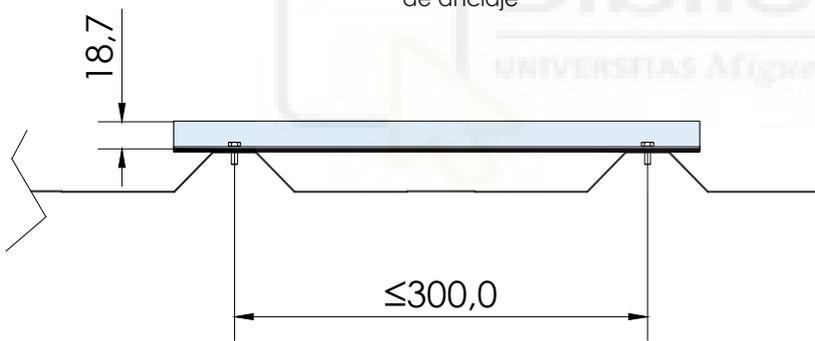
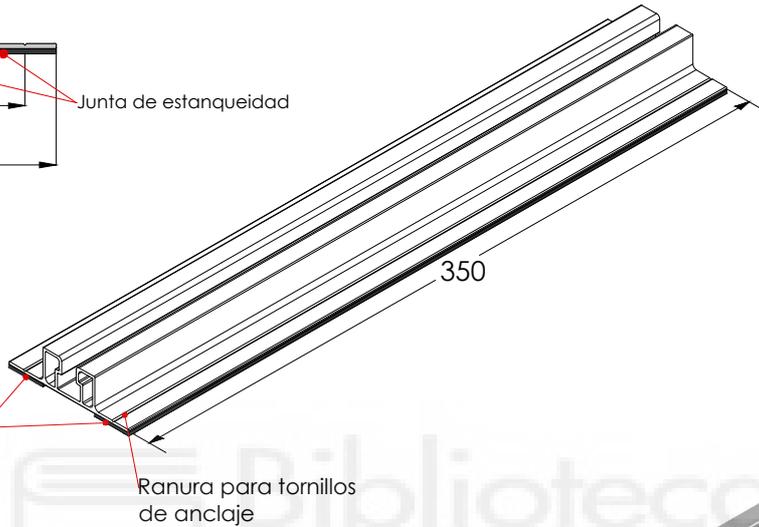
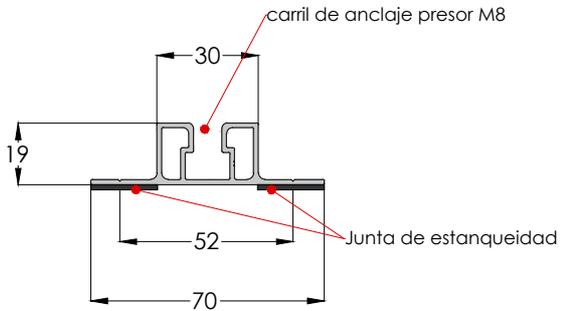
Fronius España S.L.U.  
Parque Empresarial LA CARPETANIA  
Miguel Faraday 2  
28906 Getafe (Madrid)  
España  
Teléfono +34 91 649 60 40  
pv-sales-spain@fronius.com  
www.fronius.es

Fronius International GmbH  
Froniusplatz 1  
4600 Wels  
Austria  
Teléfono + 43 7242 241-0  
Fax +43 7242 241-952560  
pv-sales@fronius.com  
www.fronius.com

# Ficha técnica

Fijación para anclaje directo a chapa, sobre greca

# S05



Herramientas necesarias:



Par de apriete:  
Tornillo M8 Hexagonal 20 Nm

Seguridad:



**S05**  
Fijación para todo tipo de cubiertas metálicas, distancia máxima entre grecas  $\leq 300$ . Anclaje sobre la greca.

Perfilería de aluminio EN AW 6005A T6

Incluye tornillos zincados con arandelas de sellado.  
Incluye junta de estanqueidad EPDM.

Material 100% reciclable.  
CÓMODA instalación.

Reservado el derecho a efectuar modificaciones. Las ilustraciones de productos son a modo de ejemplo y pueden diferir del original.

**ELEVA TUS  
EXPECTATIVAS**

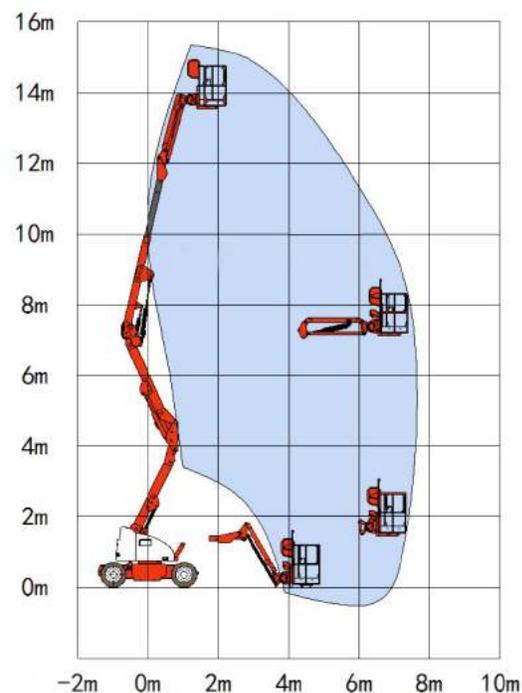
[WWW.ALOLIFT.COM](http://WWW.ALOLIFT.COM)



**16AJE**

**ALO LIFT**  
ELEVA TUS EXPECTATIVAS

MODELO	Unidad	16 AJ E
Altura máxima de trabajo	m	16,0m
Altura máxima de plataforma	m	14,0
Alcance horizontal máximo	m	7,6
Capacidad de levante	Kg	230
Peso del equipo	Kg	7100
Tamaño de plataforma (La x An xAl)	m	1,45 x 0,85 x 1,10
Rotación de tornamesa	°	365
Rotación de plataforma	°	160
pendiente máxima superable	%	30
Velocidad (replegada)	Km/h	0 - 5,2
Velocidad (elevada)	Km/h	0 - 0,8
Máxima fuerza lateral	N	400
Máxima velocidad de viento tolerable	m/s	12,5
Tipo de neumáticos	mm	250 x 15 ( Solid )
Batería	V / Ah	8 x 6V / 420 Ah
Indicación longitudinal máxima	°	5
Número máximo de personas	-	2



CONTACTO



## 6. ANEXO II: ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

### 6.1. OBJETO DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

El presente Estudio Básico de Seguridad y Salud tiene por objeto servir de base para que las Empresas Contratistas y otras cualesquiera que participen en la ejecución de las obras a que hace referencia el proyecto en el que se encuentra incluido este Estudio Básico, las lleven a efecto en las condiciones que puedan alcanzarse respecto a garantizar el mantenimiento de la salud, la integridad física y la vida de los trabajadores de las mismas, cumpliendo así lo que prescribe el R.D. 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción, y el resto de la normativa complementaria y de aplicación.

### 6.2. DATOS GENERALES DEL PROYECTO

El presente Estudio de Seguridad y Salud se refiere al Proyecto de “DIMENSIONAMIENTO Y DISEÑO DE UNA INSTALACION SOLAR FOTOVOLTAICA SOBRE CUBIERTA DE NAVE INDUSTRIAL”, cuyos datos generales son:

<b>MUNICIPIO</b>	Mota del Cuervo
<b>PROMOTOR</b>	Isaac Mena López
<b>AUTOR DEL PROYECTO</b>	Isaac Mena López
<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA</b>	12.801,96 €
<b>PLAZO DE EJECUCIÓN</b>	5 días laborales
<b>REDACTOR DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD</b>	Isaac Mena López

### 6.3. JUSTIFICACIÓN ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

El Real Decreto 1627/1997 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 450.000 €.

$$\text{PEM} = \text{Presupuesto de Ejecución Material} \longrightarrow \boxed{10.493,41 \text{ €}}$$

- Que la duración estimada sea superior a 30 días laborales, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.

La duración estimada para las obras es de 5 días laborales, no estando previsto el empleo simultáneo de más de veinte trabajadores.

- Que el volumen de mano de obra estimada, entendiéndose por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, sea superior a 500.

El volumen de mano de obra estimada para el total de los trabajadores no es superior a 500 jornadas.

- 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. 1627/1997 se redacta el presente ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.

#### 6.4. DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

La obra se ejecutará en el municipio de Mota del Cuervo, concretamente en la nave industrial que la empresa dispone en la localidad.

La instalación solar fotovoltaica para autoconsumo que se pretende construir, se realizará en la cubierta del edificio de las oficinas.

El acceso a la cubierta del edificio donde se realizará la obra se realizará mediante las escaleras interiores del edificio que permiten su acceso.

#### 6.5. INTERFERENCIAS CON SERVICIOS

Las interferencias con servicios de todo tipo son causa frecuente de accidentes, por ello se considera de vital importancia detectar su exigencia y localización, con el fin de poder evaluar y delimitar los diversos riesgos.

Los servicios afectados de cuya existencia tengamos noticias serán correctamente ubicados y señalizados, desviándose los mismos, si ello es posible; pero en aquellas

ocasiones en que sea necesario trabajar sin dejar de dar determinado servicio, se adoptarán otras medidas preventivas reflejadas en este estudio de seguridad y salud.

En la realización de las obras, no es necesario el corte del acceso de vehículos y de peatones al edificio, ya que la obra se desarrollará en una zona del edificio no expuesta al tráfico de vehículos ni de peatones. Para las instalaciones de enlace, conexión en cuadro de contador actual, etc. que sí precise el corte de los mismos, se procederá mediante soluciones provisionales debidamente señalizadas.

Las interferencias detectadas son:

- Canalizaciones eléctricas

#### 6.6. FASES/ACTIVIDADES PREVISTAS EN LA OBRA

A continuación, se indican las principales fases de la obra:

- Actuaciones previas

Se consideran actuaciones previas al inicio de la obra, como la colocación de señales de obra, acometidas de electricidad y agua, instalación de casetas provisionales o vallado del recinto entre otras. También se incluye el replanteo de la obra y el acopio de los materiales.

- Estructura metálica

Se considera como estructura metálica al montaje de la estructura prefabricada de aluminio, así como los elementos necesarios para poder fijar los paneles fotovoltaicos a la cubierta. En este caso al ser una cubierta de grava, se hará uso de contrapesas para poder fijar los paneles a éstas.

- Instalación eléctrica

Se consideran trabajos de electricidad a la instalación de mecanismos, circuitos, elementos de corte y seguridad necesarios para el correcto funcionamiento de la instalación.

- Instalación de paneles fotovoltaicos

Se consideran como trabajos de instalación de paneles fotovoltaicos, a la fijación de los mismos a la estructura, así como a la conexión eléctrica de estos para el correcto funcionamiento de la instalación.

#### 6.7. MAQUINARIA PREVISTA EN LA OBRA

La maquinaria que se va a emplear para la ejecución de la obra es la siguiente:

- Camión grúa
- Sierra radial eléctrica
- Herramientas manuales
- Taladro portátil

#### 6.8. IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RIESGOS LABORALES

Al inicio de los trabajos, se revisarán diariamente, todos los medios de protección colectiva, reparando o reponiendo los que se encuentren deteriorados. Así mismo, cuando se entreguen los equipos de protección individual a los trabajadores de la obra, se le entregarán también unas normas de actuación durante su estancia en la obra, indicando la obligatoriedad del uso de los EPIS.

#### 6.9. ANÁLISIS DE LOS RIESGOS LABORALES CLASIFICADOS POR FASES/ACTIVIDADES DE OBRA

La secuencia de trabajos será la siguiente:

- Actuaciones previas
- Estructura metálica con contrapesas para fijación de los paneles
- Instalación paneles fotovoltaicos
- Instalación eléctrica

A continuación, se identifican y analizan los riesgos por fases de obra:

##### **Actuaciones previas**

*Riesgos y causas:*

- Atropellos originados por maquinaria
- Generación de polvo
- Sobreesfuerzos
- Aplastamiento de articulaciones
- Vuelcos o deslizamientos de vehículos
- Desplome del material acopiado
- Caídas en el mismo nivel

*Equipos de protección colectiva:*

- Vallado de la obra
- Señalización
- Tapado de zanjas de acometidas por medio de tablas de madera

*Equipos de protección individual:*

- Chaleco reflectante
- Botas de seguridad
- Guantes de uso general
- Casco homologado

*Medidas preventivas:*

- Se realizará un reconocimiento del terreno comprobando que no existe ningún riesgo que no esté previsto en este estudio básico de seguridad y salud.
- Se observarán las instalaciones existentes para confirmar la existencia de instalaciones enterradas en la obra.
- Se realizará el vallado de la obra, para impedir la entrada a la misma, dejando puertas los accesos peatonales y de vehículos de obra, permitiendo la circulación de peatones.
- En cada fase de obra se colocarán las señales de obra necesarias, existiendo una coordinación entre ellas y la actividad a desarrollar.

Se comprobará que existen los siguientes documentos:

- Plan de seguridad y salud, aprobado y visado por el coordinador de seguridad y salud en fase de obra.
- Libro de incidencias, firmado y sellado por el coordinador y la empresa adjudicataria.
- Libro de subcontratación, habilitado por la autoridad laboral competente.
- Comunicación de apertura del centro de trabajo.

### **Estructura metálica con contrapesas para fijación de los paneles**

#### *Riesgos y causas:*

- Ruido
- Caídas al mismo o distinto nivel
- Proyección de objetos
- Golpes o cortes con objetos o máquinas
- Pisada sobre objetos punzantes
- Caída de objetos o máquinas
- Contactos eléctricos directos por mala conservación de máquinas eléctricas
- Sobreesfuerzos trabajo de rodillas, agachado o doblado

#### *Equipos de protección colectiva:*

- Señalización
- Iluminación adecuada
- Barandilla de protección de perímetros de cubiertas, compuesta por guardacuerpos metálicos cada 2,5 m
- Utilizar maquinaria con marcado CE provistas de todos los elementos de seguridad necesarios

#### *Equipos de protección individual:*

- Ropa aislante
- Casco aislante
- Botas de seguridad aislantes
- Guantes y manoplas de material aislante
- Traje impermeable material plástico sintético
- Línea horizontal de seguridad
- Cinturones de sujeción o anticaídas de altura
- Cinturón portaherramientas
- Protecciones auditivas contra el ruido
- Gafas protectoras de ojos y cara
- Casco homologado
- Botas de seguridad
- Guantes de uso general

*Medidas preventivas:*

- La iluminación mediante portátiles se hará con portalámparas estancos con mango aislante y rejilla de protección de la bombilla. La energía eléctrica los alimentará a 24 V.
- Las zonas de trabajo han de tener una iluminación mínima de 100 lux, medidos a una altura sobre el suelo en torno a los dos metros.
- Estará prohibido el trabajo en un nivel inferior al tajo.
- Estará prohibido el conexionado de cables eléctricos a los cuadros de alimentación sin utilizar las clavijas macho – hembra.

**Instalación de paneles fotovoltaicos**

*Riesgos y causas:*

- Contactos eléctricos indirectos
- Contactos eléctricos directos por mala conservación de máquinas eléctricas
- Sobreesfuerzos trabajo de rodillas, agachado o doblado
- Pisada sobre objetos punzantes
- Proyección de objetos
- Golpes o cortes con objetos o máquinas
- Caída de objetos o máquinas
- Caídas al mismo o distinto nivel
- Exposición a condiciones meteorológicas adversas como frío, calor intenso, exposición a la intemperie
- Corrientes de aire
- Piso resbaladizo

*Equipos de protección colectiva:*

- Red vertical de seguridad de malla de poliamida de 10x10 cm de paso, atada con cuerda D=3 mm en módulos de 10x5 m
- Señalización
- Barandilla de protección de perímetros de forjados, compuesta por guardacuerpos metálicos cada 2,5 m

*Equipos de protección individual:*

- Botas de seguridad aislantes
- Ropa aislante
- Casco aislante
- Guantes y manoplas de material aislante
- Traje impermeable material plástico sintético
- Línea horizontal de seguridad
- Cinturones de sujeción o anticaídas de altura
- Cinturón portaherramientas
- Protecciones auditivas contra el ruido
- Gafas protectoras de ojos y cara
- Casco homologado
- Botas de seguridad
- Guantes de uso general

*Medidas preventivas:*

- Como primera medida a ejecutar, se ejecutarán los petos y recercados de los huecos que existan.
- Los paneles se acopiarán repartidos por los faldones para evitar sobrecargas.
- Se paralizarán todos los trabajos sobre cubiertas cuando existan vientos superiores a 60 km/h, lluvia, helada y nieve.
- Estará prohibida la circulación bajo cargas suspendidas.
- Además de lo anterior se comprobará que:
  - Los operarios tienen los EPIS correspondientes para la realización de las tareas, y que vienen definidos en el Plan de Seguridad y Salud.
  - Utilicen correctamente los EPIS, definidos anteriormente.
  - El estado de anclaje de las líneas de vida está en servicio.
  - Se mantiene la limpieza y el orden en la obra.
  - Los operarios que realizan el trabajo son cualificados para esta tarea.
  - En los bordes de los forjados se colocan redes de seguridad.
  - No se acopia el material al borde del forjado.
  - La iluminación en el tajo es la apropiada.
  - Se guarda la distancia de seguridad con líneas eléctricas aéreas.

## **Instalación eléctrica**

### *Riesgos y causas:*

- Cortocircuitos y arco eléctrico
- Contactos eléctricos indirectos
- Contactos eléctricos directos
- Golpes, cortes o atrapamientos con objetos o máquinas
- Caídas al mismo o distinto nivel

### *Equipos de protección individual:*

- Botas de seguridad aislantes
- Ropa aislante
- Casco aislante
- Guantes y manoplas de material aislante

### *Medidas preventivas:*

#### **Trabajos sin tensión:**

- Antes de comenzar la aplicación del procedimiento para suprimir la tensión es necesario un paso previo: la identificación de la zona y de los elementos de la instalación donde se va a realizar el trabajo. Esta identificación forma parte de la planificación del trabajo.
- En instalaciones complejas, para evitar confusiones debidas a la multitud de equipos y redes existentes, se recomienda diseñar procedimientos por escrito, para llevar a cabo las operaciones destinadas a suprimir la tensión.
- A continuación, se desarrollará el proceso en cinco etapas mediante el cual se suprime la tensión de la instalación donde se van a realizar los ‘trabajos sin tensión’, conocido como ‘las cinco reglas de oro’:
  - Desconectar
  - Prevenir cualquier posible realimentación
  - Verificar la ausencia de tensión
  - Poner a tierra y en cortocircuito
  - Proteger frente a elementos próximos en tensión, en su caso, y establecer una señalización de seguridad para delimitar la zona de trabajo.

### Reposición de la tensión:

- En general, para restablecer la tensión se seguirá el proceso inverso al empleado para suprimir la tensión:
  - Retirada, si las hubiera, de las protecciones adicionales y de la señalización que indica los límites de la zona de trabajo.
  - Retirada, si la hubiera, de la puesta a tierra y en cortocircuito, empezando por retirar las pinzas de los elementos más próximos y al final de la pinza de la puesta a tierra.
  - Desbloqueo y/o la retirada de la señalización de los dispositivos de corte.
  - Cierre de los circuitos para reponer la tensión.

Es preciso extremar las precauciones antes de comenzar dichas etapas. En el transcurso de las citadas operaciones debe prestarse especial atención a los siguientes aspectos:

- Notificación previa a todos los trabajadores involucrados de que va a comenzar la reposición de la tensión.
- Comprobación de que todos los trabajadores han abandonado la zona, salvo los que deban actuar en la reposición de la tensión.
- Asegurarse de que han sido retiradas la totalidad de las puestas a tierra y en cortocircuito.
- Informar, en su caso, al responsable de la instalación de que se va a realizar la conexión.
- Accionar los aparatos de maniobra correspondientes.

### Trabajos con tensión:

- Los trabajos en tensión deberán ser realizados por trabajadores cualificados, siguiendo un procedimiento previamente estudiado y, cuando su complejidad o novedad lo requiera, ensayado sin tensión, y que se ajuste a los requisitos indicados a continuación.
- Los trabajos en lugares donde la comunicación sea difícil, por su orografía, confinamiento u otras circunstancias, deberán realizarse estando presentes, al menos, dos trabajadores con formación en materia de primeros auxilios.

- Principales precauciones que deberán ser adoptadas:
  - Mantener las manos protegidas mediante guantes aislantes adecuados.
  - Realizar el trabajo sobre una alfombra o banqueta aislantes que, asimismo, aseguren un apoyo seguro y estable.
  - Usar herramientas aisladas, específicamente diseñadas para estos trabajos.
  - Aislar, en la medida de lo posible, las partes activas y elementos metálicos en la zona de trabajo mediante protectores adecuados (fundas, capuchones, películas plásticas aislantes, etc.). Entre los equipos y materiales citados se encuentran:
    - Los accesorios aislantes (pantallas, cubiertas, etc.) para el recubrimiento de partes activas o masas.
    - Los útiles aislantes o aislados (herramientas, pinzas, etc.).
    - Los dispositivos aislantes o aislados (banquetas, alfombras, plataformas de trabajo, etc.).
    - Los equipos de protección individual frente a riesgos eléctricos (guantes, gafas, cascos, etc.).
- Los equipos y materiales para la realización de trabajos en tensión se elegirán teniendo en cuenta:
  - Las características del trabajo y de los trabajadores.
  - La tensión de servicio, y se utilizarán, mantendrán y revisarán siguiendo las instrucciones de su fabricante.
- Los trabajadores dispondrán de un apoyo sólido y estable, que les permita tener las manos libres, y de una iluminación que les permita realizar su trabajo en condiciones de visibilidad adecuadas. Los trabajadores no llevarán objetos conductores, como por ejemplo pulseras, relojes, cadenas o cierres de cremallera metálicos que puedan contactar accidentalmente con elementos de tensión.
- La zona de trabajo deberá señalizarse y/o delimitarse adecuadamente, siempre que exista la posibilidad de que otros trabajadores o personas ajenas penetren en dicha zona y accedan a elementos en tensión, o puedan interferir en los trabajos, provocar distracciones, sobresaltos, etc.
- En la realización de trabajos al aire libre se deberán tener en cuenta las posibles condiciones ambientales desfavorables, de forma que el trabajador quede protegido en todo momento. Los trabajos se prohibirán o suspenderán en caso de

tormenta, lluvia o viento fuerte, nevadas, o cualquier otra condición ambiental desfavorable que dificulte la visibilidad, o la manipulación de las herramientas. Los trabajos en instalaciones interiores directamente conectadas a líneas aéreas eléctricas se interrumpirán en caso de tormenta.

- La reposición de fusibles en instalaciones de baja tensión:
  - No será necesario que la efectúe un trabajador cualificado, pudiendo realizarla un trabajador autorizado, cuando la maniobra del dispositivo porta fusible conlleve la desconexión del fusible y el material de aquel ofrezca una protección completa contra los contactos directos y los efectos de un posible arco eléctrico.
  - Se realizará mediante el uso del útil normalizado adecuado a cada tipo de fusible, queda prohibido expresamente el uso de alicates para tal cometido.
  - Se procurará, en la medida de lo posible, realizar “sin carga” o con la menor carga posible, para evitar la producción de arcos eléctricos.
- Se recomienda, durante los trabajos en tensión, no hablar por teléfono, ni portar móviles que pudieran “sorprender” al activarse, al trabajador durante la realización de los mismos.
- De los EPIS necesarios durante los trabajos en tensión en baja tensión, destacan, los guantes dieléctricos, que deben cumplir una serie de requisitos:

Marcas obligatorias:

- Símbolo (doble triángulo)
- Nombre, marca registrada o identificación del fabricante
- Categoría, si procede
- Talla
- Clase
- Mes y año de fabricación
- Marca

Cada guante deberá llevar alguno de los siguientes sistemas:

- Una banda rectangular o una banda sobre la que puedan perforarse agujeros, o bien, otra marca cualquiera apropiada que permita conocer las fechas de puesta en servicio, verificaciones y controles periódicos.

### Recomendaciones para la utilización de los guantes:

Para la correcta utilización de los guantes se tendrán presentes las indicaciones del fabricante.

A título orientativo se pueden señalar las siguientes:

#### *Almacenamiento*

Los guantes se deben almacenar en su embalaje.

Se tendrá cuidado de que los guantes no se aplasten, ni se doblen, ni se coloquen en las proximidades de radiadores u otras fuentes de calor artificial o se espongan directamente a los rayos del sol.

## 6.10. ANÁLISIS DE LOS RIESGOS LABORALES CLASIFICADOS POR MAQUINARIA UTILIZADA EN LA OBRA

### **Camión grúa**

#### *Riesgos y causas:*

- Golpes por la carga a paramentos
- Desplome de la carga
- Atropello de personas
- Quemaduras en trabajos de reparación o mantenimiento
- Incendios por sobretensión
- Contacto eléctrico de la pluma con líneas aéreas
- Aplastamiento por caída de carga suspendida
- Corrimientos de tierra inducidos en excavaciones próximas
- Caídas al subir o bajar a la zona de mandos
- Atrapamientos por útiles o transmisiones
- Vuelco del camión grúa
- Accidentes en trayecto hacia el punto de trabajo

#### *Medidas preventivas:*

- Las cargas en suspensión para evitar golpes y balanceos se guiarán mediante cabos de gobierno.
- Se prohíbe arrastrar cargas con el camión grúa.

- Se prohíbe realizar suspensión de cargas de forma lateral cuando la superficie de apoyo del camión esté inclinada hacia el lado de la carga, en previsión de los accidentes por vuelco.
- Se prohíbe sobrepasar la carga máxima admisible fijada por el fabricante del camión en función de la extensión brazo - grúa.
- Se prohíbe la permanencia de personas en torno al camión grúa a distancias inferiores a 5 m.
- Se prohíbe la permanencia bajo las cargas en suspensión.
- Mantenga la máquina alejada de terrenos inseguros, propensos a hundimientos.
- Evite pasar el brazo de la grúa sobre el personal.
- Suba y baje del camión grúa por los lugares previstos para ello.
- Asegure la inmovilización del brazo de la grúa antes de iniciar ningún desplazamiento.
- No permita que nadie se encarama sobre la carga.
- Limpie sus zapatos del barro o grava que pudieran tener antes de subir a la cabina. Si se resbalan los pedales durante una maniobra o durante la marcha, puede provocar accidentes.
- Nunca realice arrastres de carga o tirones sesgados.
- No intente sobrepasar la carga máxima autorizada para ser izada.
- Levante una sola carga cada vez.
- Asegúrese de que la máquina está estabilizada antes de levantar cargas. Ponga en servicio los gatos estabilizadores totalmente extendidos, es la posición más segura.
- No abandone la máquina con la carga suspendida.
- No permita que haya operarios bajo las cargas suspendidas.
- Evite el contacto con el brazo telescópico en servicio, puede sufrir atrapamientos.
- Antes de poner en servicio la máquina, compruebe todos los dispositivos de frenado.
- Utilice siempre las prendas de protección que se le indiquen en la obra.
- El conductor tendrá prohibido dar marcha atrás sin la presencia y ayuda de un señalista, así como abandonar el camión con una carga suspendida.
- Todos los ganchos de cuelgue, aparejos, balancines y eslingas o estribos dispondrán siempre de pestillos de seguridad.

- El gruista tendrá siempre a la vista la carga suspendida y, si ello no fuera posible en alguna ocasión, todas sus maniobras estarán dirigidas por un señalista experto.
- No se permitirá que persona alguna ajena al operador acceda a la cabina del camión o maneje sus mandos.
- El camión grúa nunca deberá estacionar o circular a distancias inferiores a los 2 m del borde de excavaciones o de cortes del terreno.

### **Sierra radial eléctrica**

#### *Riesgos y causas:*

- Ruido
- Abrasiones
- Cortes o amputaciones
- Contactos térmicos
- Conexión mediante hilos desnudos
- Anulación de protecciones
- Contactos eléctricos directos

#### *Equipos de protección individual:*

- Mascarilla con filtro mecánico recambiable, contra las partículas de polvo
- Guantes de cuero
- Gafas de seguridad
- Protectores auditivos
- Calzado de seguridad

#### *Medidas preventivas:*

- Antes de depositar el aparato en el suelo, desconectarlo y esperar a que se pare.
- Apagar y desenchufar los equipos antes de realizar cualquier operación de mantenimiento, cambio de disco, etc.
- Bajo ningún concepto se conectará ningún aparato eléctrico a la red mediante hilos desnudos.
- Comprobar siempre el estado del disco a utilizar.
- Cualquier tipo de anomalía en el aislamiento de la máquina será puesto en conocimiento de un responsable para su retirada.

- Las labores de mantenimiento y reparación de la máquina se llevarán a cabo siempre por personal experto.
- No someter al disco a sobreesfuerzos laterales de torsión o aplicación de una presión excesiva.
- No usar aparatos eléctricos con las manos mojadas o sobre superficies húmedas.
- No utilizar la máquina en posturas que obliguen a mantenerla por encima del nivel de los hombros, ya que, en caso de pérdida de control, las lesiones pueden afectar a la cara, pecho o extremidades superiores.
- Prohibido dejar la sierra abandonada en el suelo.
- Prohibido usar discos deteriorados o rotos.
- Usar siempre el disco adecuado al material que se va a cortar.
- Usar siempre en lugares ventilados.
- Prohibido usar la radial sin los elementos de protección.

### **Taladro portátil**

#### *Riesgos y causas:*

- Rotura de la broca
- Proyección de fragmentos o partículas
- Cortes o golpes por objetos o herramientas
- Contactos térmicos
- Conexión mediante hilos desnudos
- Anulación de protecciones
- Contactos eléctricos directos

#### *Equipos de protección individual:*

- Guantes de cuero
- Gafas de seguridad
- Calzado de seguridad

#### *Medidas preventivas:*

- Comprobar el cable de conexión eléctrica, de forma que no existan empalmes, ni conexiones inadecuadas.
- Se deberá desconectar el taladro de la red eléctrica, para sustituir la broca.

- En caso de ser necesario orificios de mayor diámetro, se debe cambiar la broca por otra de mayor sección, nunca intentar aumentar el orificio con movimientos oscilatorios del taladro.
- La reparación de los taladros se realizará por personal especializado.
- No utilizar la broca de forma inclinada.
- Para cambiar la broca, debe utilizarse la llave para tal fin.
- Utilizar la broca adecuada al material a taladrar.
- Se comprobarán diariamente el buen estado de los taladros, retirando de la obra aquellos que ofrezcan deterioros que impliquen riesgos para los operarios.

### **Herramientas manuales**

#### *Riesgos y causas:*

- Ruido
- Golpes y/o cortes con objetos punzantes
- Cuerpos extraños en ojos
- Contactos eléctricos directos o indirectos
- Caídas de personas al mismo nivel
- Caída de objetos y/o de máquinas
- Caídas al mismo nivel por tropiezo
- Caída de las herramientas a distinto nivel
- Riesgo por impericia
- Proyecciones de objetos y/o fragmentos
- Quemaduras físicas y químicas

#### *Equipos de protección individual:*

- Cinturón de seguridad para trabajos en altura
- Calzado con puntera reforzada
- Guantes de cuero
- Protecciones auditivas y oculares, en caso necesario
- Casco homologado

*Medidas preventivas:*

- Las herramientas se utilizarán sólo en aquellas operaciones para las que han sido concebidas y se revisarán siempre antes de su empleo, desechándose cuando se detecten defectos en su estado de conservación. Se mantendrán siempre limpias de grasa u otras materias deslizantes y se colocarán siempre en los portaherramientas o estantes adecuados, evitándose su depósito desordenado o arbitrario o su abandono en cualquier sitio o por los suelos
- Todas las herramientas eléctricas, estarán dotadas de doble aislamiento de seguridad.
- No se usará una herramienta eléctrica sin enchufe, si hubiera necesidad de emplear mangueras de extensión éstas se harán de la herramienta al enchufe y nunca a la inversa.
- La desconexión de las herramientas, no se hará con un tirón brusco.
- Estarán acopiadas en el almacén de obra, llevándolas al mismo una vez finalizado el trabajo, colocando las herramientas más pesadas en las baldas más próximas al suelo.
- Los trabajos con estas herramientas se realizarán siempre en posición estable.
- En su manejo se utilizarán guantes de cuero o de PVC y botas de seguridad, así como casco y gafas anti proyecciones, en el caso de que sea necesario.

#### 6.11. INSTALACIONES DE SALUBRIDAD

En la obra está prevista una media de unos 3 o 4 trabajadores, por lo que no está previsto la instalación de una caseta provisional para vestuario e inodoros. Para ello, se usarán los aseos y vestuarios de las oficinas, con la previa aprobación del coordinador de seguridad y salud y de la empresa. En el caso de que no sea aprobado su uso por la empresa o el coordinador de seguridad y salud, se habilitará la caseta y aseo portátil necesario.

#### 6.12. OBLIGACIONES DEL PROMOTOR

Antes de que los trabajos inicien, el promotor asignará un coordinador en materia de seguridad y salud, cuando en la ejecución de las obras intervengan más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos o diversos trabajadores autónomos.

La designación 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 III del Real Decreto 1627/1997 debiendo exponerse en la obra de forma viable y actualizándose si fuera necesario.

### 6.13. 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 1627/1997.
- Aprobar el Plan de Seguridad y Salud elaborado por el contratista y, en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo.
- Organizar la coordinación de actividades empresariales previstas en el Artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Coordinar las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.
- Adoptar las medidas necesarias para que solo las personas autorizadas puedan acceder a la obra.

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

#### 6.14. PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD

En aplicación del Estudio Básico de Seguridad y Salud, el contratista, antes del inicio de las obras, 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 en el 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 de la 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 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.

#### 6.15. OBLIGACIONES DE CONTRATISTAS Y SUBCONTRATISTAS

El contratista y subcontratistas estarán obligados a:

- Aplicar los principios de acción preventiva que se recogen en el Artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y en particular de:
  - El mantenimiento de la obra en buen estado y 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 materia 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.
- Cumplir y hacer cumplir a su personal lo establecido en el Plan de Seguridad y Salud.
- Cumplir la normativa en materia de prevención de riesgos laborales, teniendo en cuenta las obligaciones sobre coordinación de las actividades empresariales previstas en el Artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, así como cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el Anexo IV del Real Decreto 1627/1997.
- 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.
- 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 no eximirán de sus responsabilidades a los contratistas y subcontratistas.

## 6.16. OBLIGACIONES DE LOS TRABAJADORES 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 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 1627/1997.
- Ajustar su actuación conforme a los deberes sobre coordinación de las actividades empresariales previstas en el Artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, participando en particular en cualquier medida de 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 1215/1997.
- Elegir y utilizar equipos de protección individual en los términos previstos en el Real Decreto 773/1997.
- Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del coordinador en materia de seguridad y salud.

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

#### 6.17. 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.

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.

#### 6.18. PARALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS

Cuando el coordinador y durante la ejecución de las obras, contemple algún 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 notificación 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.

#### 6.19. DERECHOS DE LOS TRABAJADORES

Los contratistas y subcontratistas deberían 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.

## **7. MANTENIMIENTO**

### **7.1. GENERALIDADES**

Se realizará un contrato de mantenimiento (correctivo y preventivo), al menos de tres años.

El mantenimiento preventivo implicará, como mínimo, una revisión anual.

El contrato de mantenimiento de la instalación incluirá las labores de mantenimiento de todos los elementos de la instalación aconsejados por los fabricantes.

### **7.2. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO**

Se realizarán dos escalones de actuación para englobar todas las operaciones necesarias durante la vida útil de la instalación para asegurar el funcionamiento, aumentar la producción y prolongar la duración de esta:

- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento correctivo.

El plan de mantenimiento preventivo incluye las operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otras, que aplicadas a la instalación deberán permitir mantener, dentro de límites aceptables, las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la instalación.

El plan de mantenimiento correctivo incluye todas las operaciones de sustitución y reparación necesarias para asegurar que el sistema funcione correctamente durante su vida útil.

Incluirá:

La visita a la instalación en los siguientes plazos:

- Aislada de red: 48 horas si la instalación no funciona o de una semana si el fallo no afecta al funcionamiento.
- Conectada a red: 1 semana ante cualquier incidencia y resolución de la avería en un plazo máximo de 15 días.

El análisis y presupuesto de los trabajos para el correcto funcionamiento de esta.

Los costes económicos del mantenimiento correctivo forman parte del precio anual del contrato de mantenimiento. Podrán no estar incluidas ni la mano de obra, ni las reposiciones de equipos necesarias más allá del período de garantía.

El mantenimiento deberá realizarse por personal técnico cualificado bajo la responsabilidad de la empresa instaladora.

En instalaciones aisladas de red, el mantenimiento preventivo de la instalación incluirá una visita anual en la que se realizarán, como mínimo, las siguientes actividades:

- Verificación del funcionamiento de todos los componentes y equipos.
- Revisión del cableado, conexiones, terminales, etc.
- Comprobación del estado de los módulos. situación respecto al proyecto original, limpieza y presencia de daños que afecten a la seguridad y protecciones.
- Revisión de daños en la estructura, deterioro por agentes ambientales, oxidación, etc.
- Inversores: estado de indicadores y alarmas.
- Caídas de tensión en el cableado de continua.
- Verificación de los elementos de seguridad y protecciones: tomas de tierra, actuación de interruptores de seguridad, fusibles, etc.
- Regulador de carga: caídas de tensión entre terminales, funcionamiento de indicadores, etc.

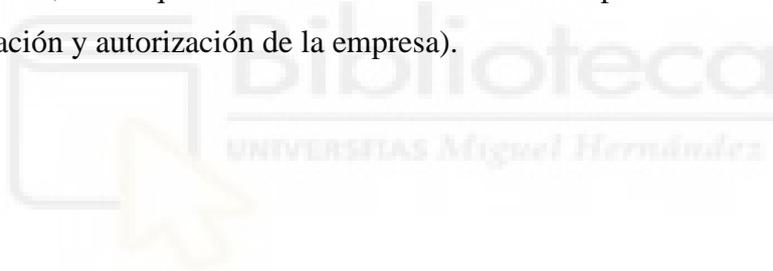
En instalaciones con monitorización la empresa instaladora de la misma realizará una revisión cada seis meses, comprobando la calibración y limpieza de los medidores, funcionamiento y calibración del sistema de adquisición de datos, almacenamiento de los datos, etc.

En instalaciones conectadas a red, el mantenimiento preventivo de la instalación incluirá una visita

anual en instalaciones de potencia inferior a 100 kWp y semestral para el resto, en la que se realizarán, como mínimo, las siguientes actividades:

- Comprobación de las protecciones eléctricas.
- Comprobación del estado de los módulos. situación respecto al proyecto original y verificación del estado de las conexiones.
- Comprobación del estado del inversor: funcionamiento, lámparas de señalizaciones, alarmas, etc.
- Comprobación del estado mecánico de cables y terminales (incluyendo cables de tomas de tierra y reapriete de bornas), pletinas, transformadores, ventiladores/extractores, uniones, reaprietes, limpieza.
- Realización de un informe técnico de cada una de las visitas en el que se refleje el estado de las instalaciones y las incidencias acaecidas.

En ambos casos, se registrarán las operaciones de mantenimiento realizadas en un libro de mantenimiento, en el que constará la identificación del personal de mantenimiento (nombre, titulación y autorización de la empresa).



## 8. PLANOS



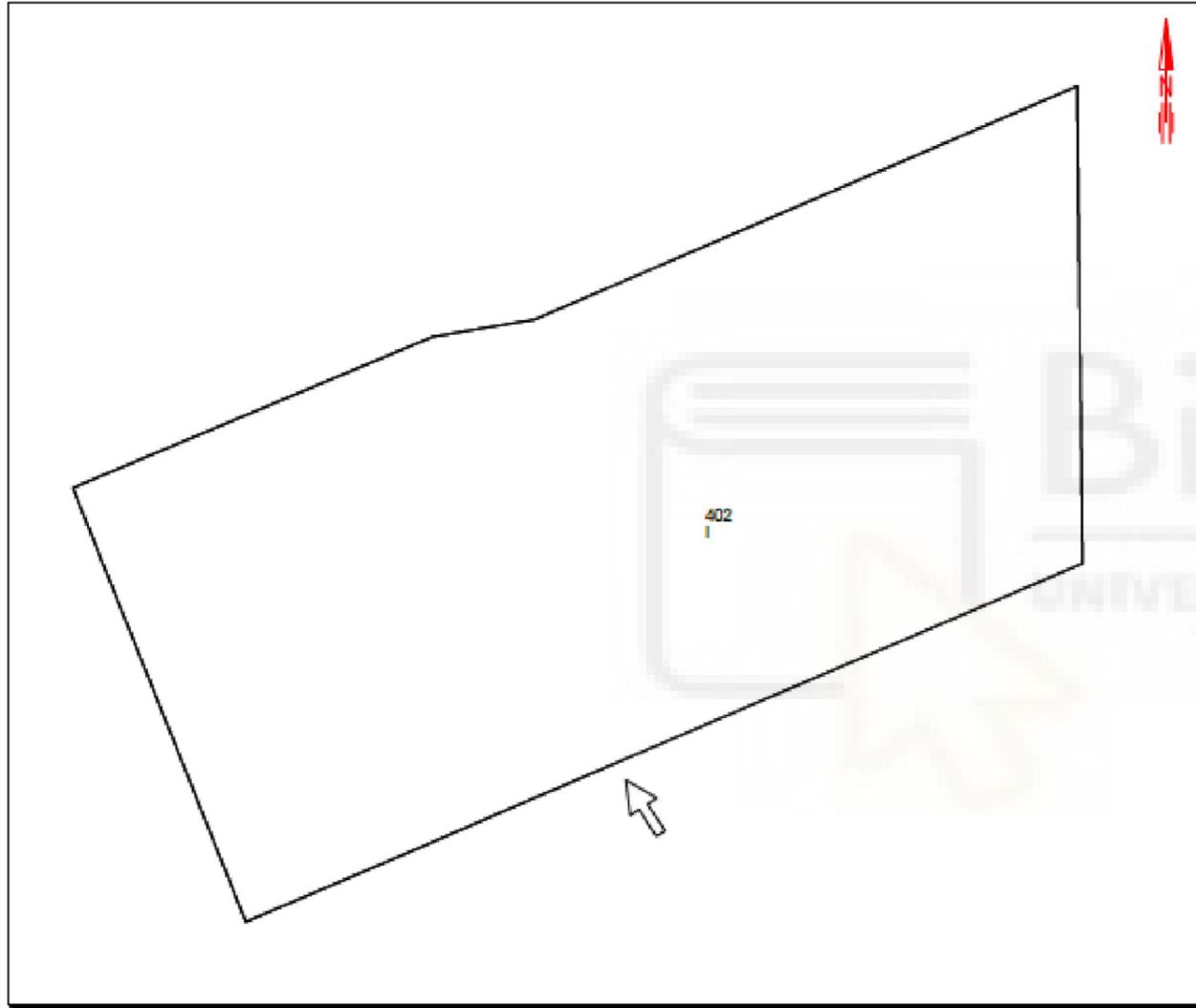


# CROQUIS CATASTRAL

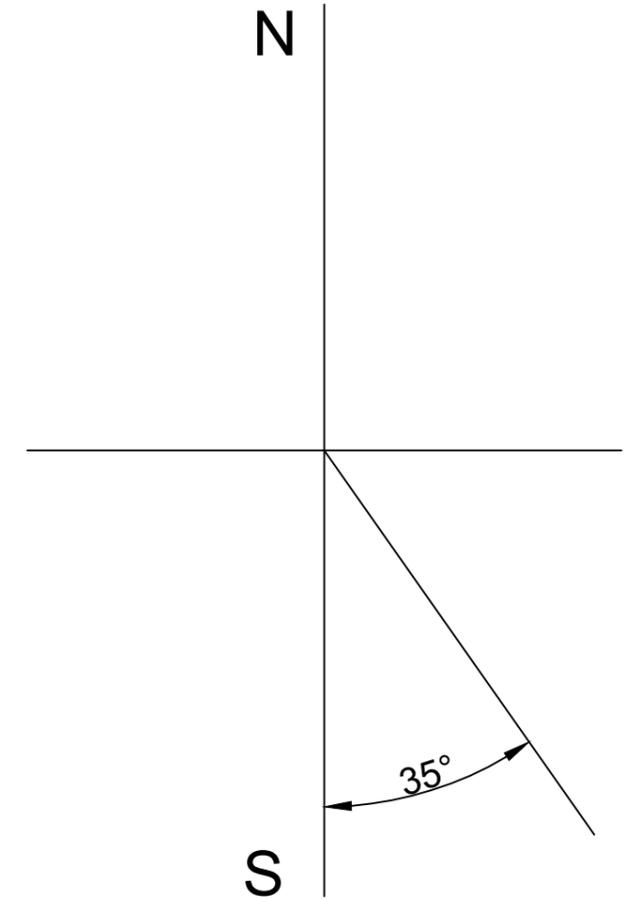
PARCELA CATASTRAL 0612906WJ1701S

PL POLIGONO I LA SERNA, 0051. MOTA DEL CUERVO [Cuenca]

17 de agosto de 2023 13:24



SUPERFICIE PARCELA: 402 m<sup>2</sup>  
SUPERFICIE CONSTRUIDA  
Sobre Rasante: 402 m<sup>2</sup>  
Bajo Rasante: 0 m<sup>2</sup>  
TOTAL: 402 m<sup>2</sup>



## DIMENSIONAMIENTO Y DISEÑO DE UNA INSTALACION SOLAR FOTOVOLTAICA SOBRE CUBIERTA DE NAVE INDUSTRIAL



PROMOTOR: ISAAC MENA LOPEZ

FECHA:

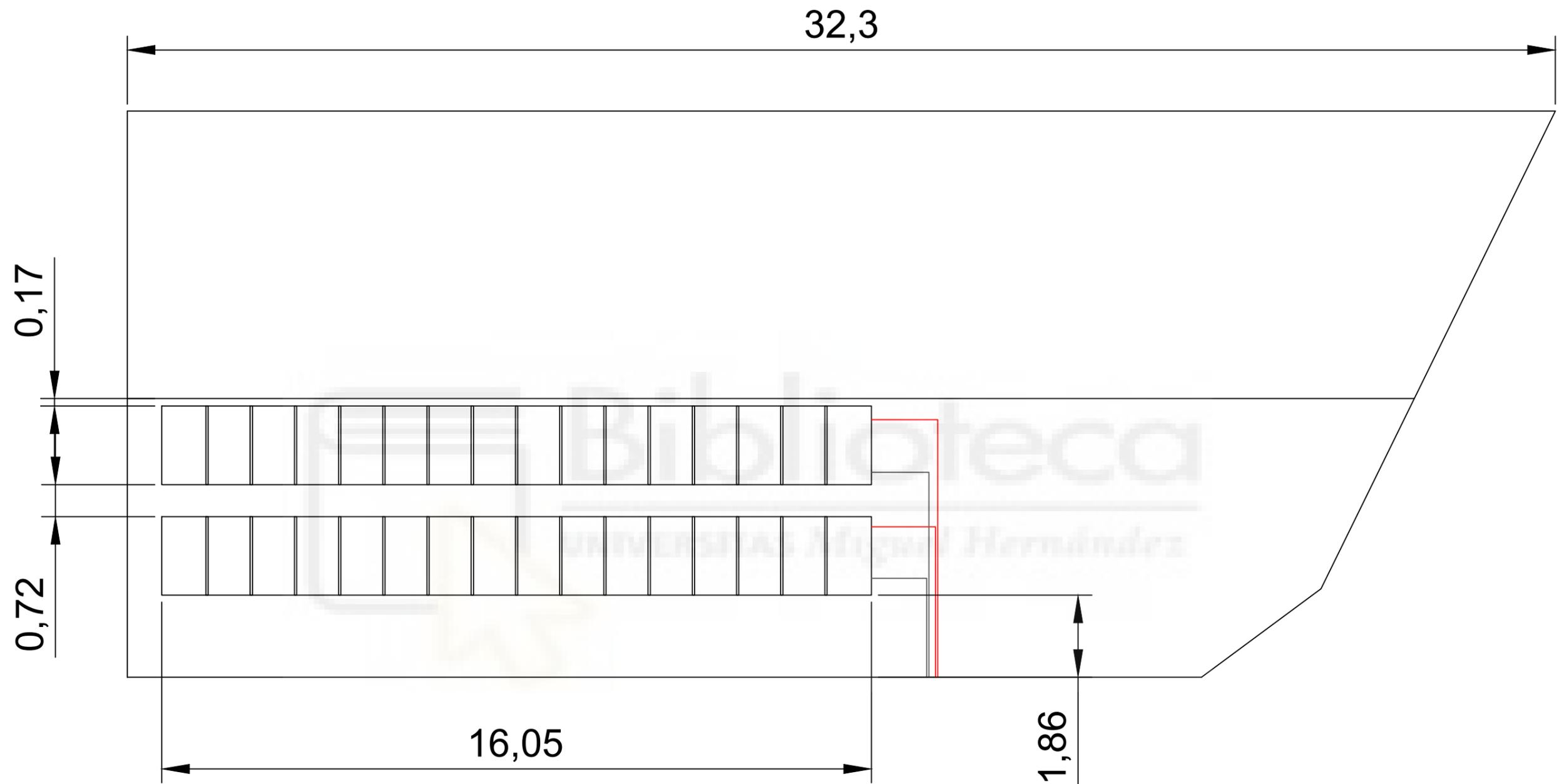
AUTOR: ISAAC MENA LOPEZ

ESCALA:

PLANO: POSICION

VERSION: V.01

Nº: 1



**DIMENSIONAMIENTO Y DISEÑO DE UNA  
INSTALACION SOLAR FOTOVOLTAICA SOBRE  
CUBIERTA DE NAVE INDUSTRIAL**



PROMOTOR: ISAAC MENA LOPEZ

FECHA:

AUTOR: ISAAC MENA LOPEZ

ESCALA: 1/100

PLANO: PLANTA

VERSION: V.01

Nº: 1



## DIMENSIONAMIENTO Y DISEÑO DE UNA INSTALACION SOLAR FOTOVOLTAICA SOBRE CUBIERTA DE NAVE INDUSTRIAL



PROMOTOR: ISAAC MENA LOPEZ

FECHA:

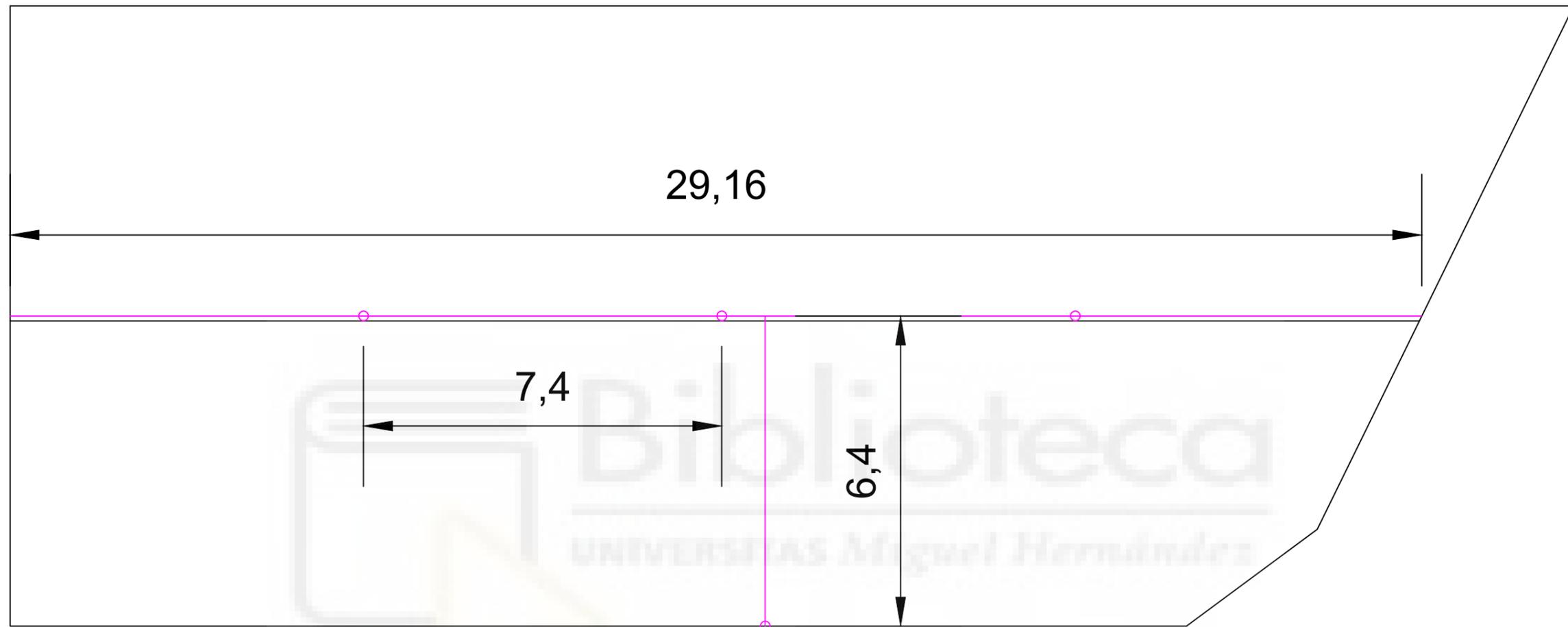
AUTOR: ISAAC MENA LOPEZ

ESCALA: 1/100

PLANO: PERFIL

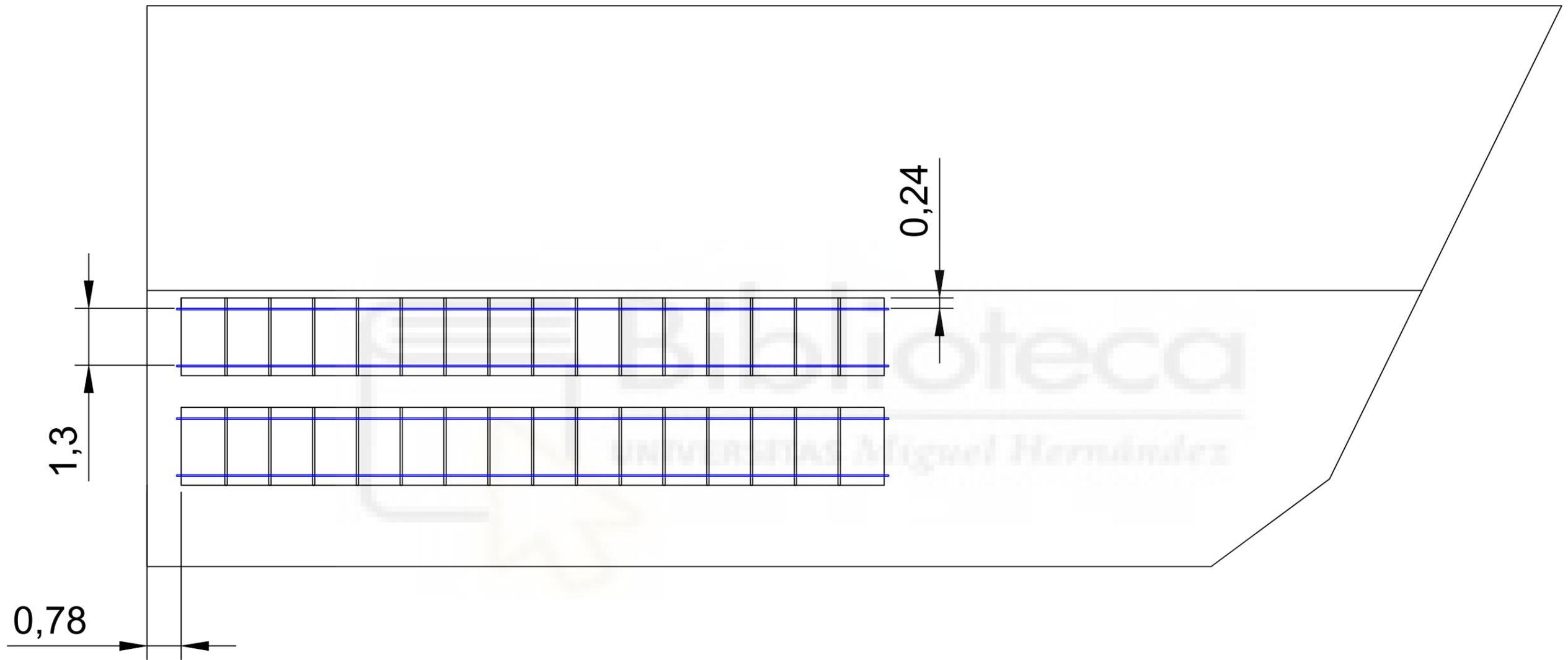
VERSION: V.01

Nº: 1



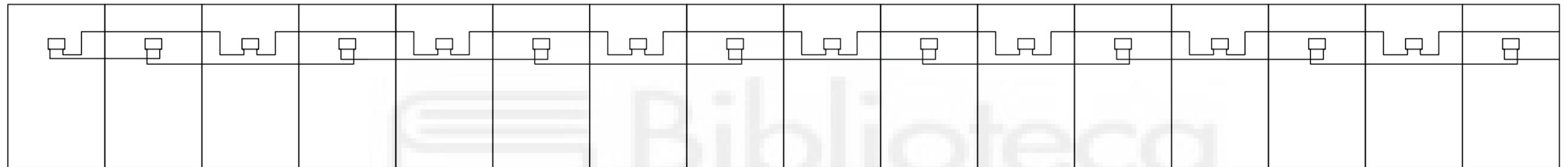
## DIMENSIONAMIENTO Y DISEÑO DE UNA INSTALACION SOLAR FOTOVOLTAICA SOBRE CUBIERTA DE NAVE INDUSTRIAL

<p><b>UNIVERSITAS</b> Miguel Hernández</p>	PROMOTOR: ISAAC MENA LOPEZ	
	FECHA:	
	AUTOR: ISAAC MENA LOPEZ	
	ESCALA: 1/100	VERSION: V.01
	PLANO: LINEA DE VIDA	Nº: 1



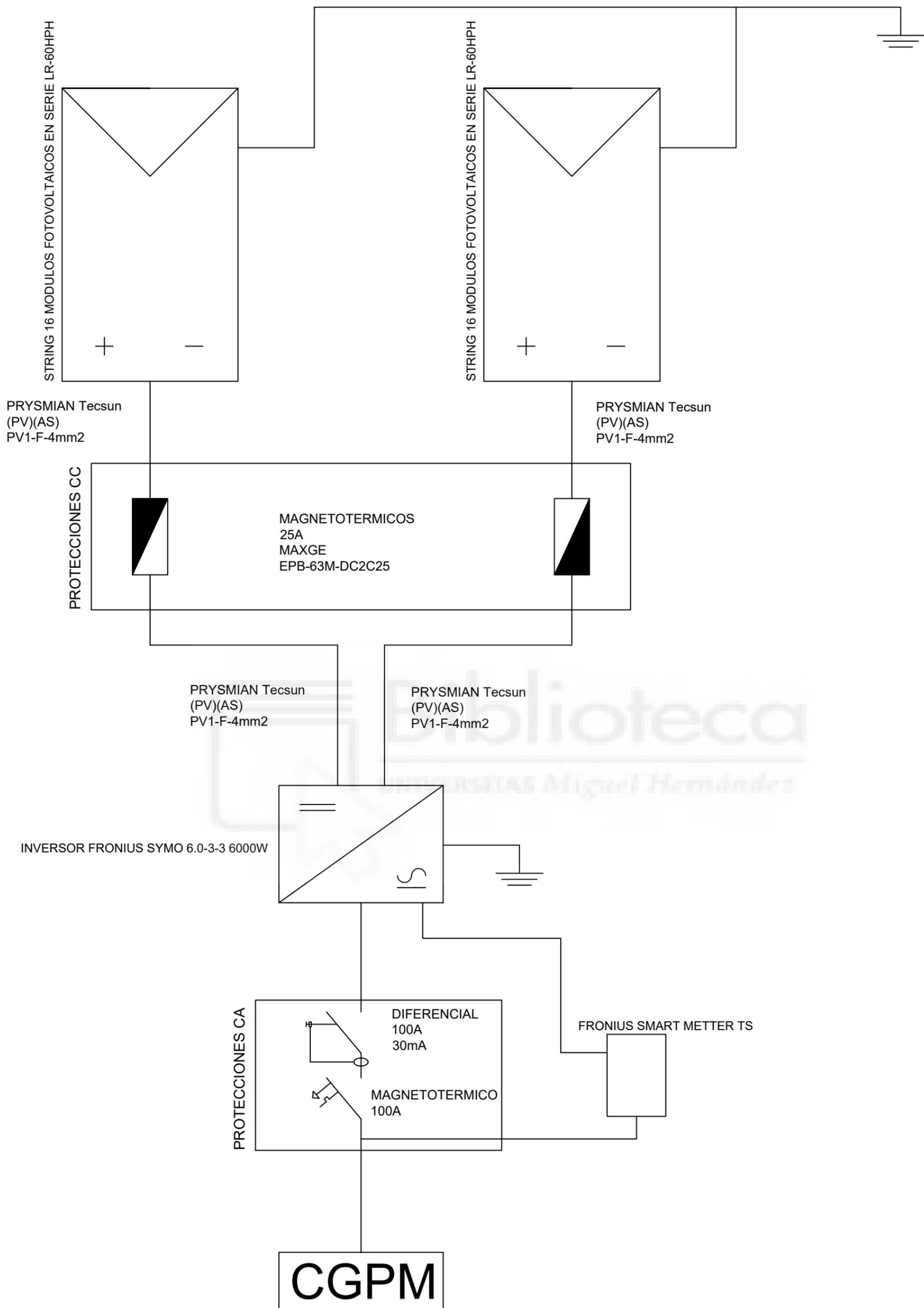
## DIMENSIONAMIENTO Y DISEÑO DE UNA INSTALACION SOLAR FOTOVOLTAICA SOBRE CUBIERTA DE NAVE INDUSTRIAL

	PROMOTOR: ISAAC MENA LOPEZ	
	FECHA:	
	AUTOR: ISAAC MENA LOPEZ	
	ESCALA: 1/100	VERSION: V.01
	PLANO: ESTRUCTURA METALICA	Nº: 1



## DIMENSIONAMIENTO Y DISEÑO DE UNA INSTALACION SOLAR FOTOVOLTAICA SOBRE CUBIERTA DE NAVE INDUSTRIAL

	PROMOTOR: ISAAC MENA LOPEZ	
	FECHA:	
	AUTOR: ISAAC MENA LOPEZ	
	ESCALA:	VERSION: V.01
	PLANO: CONEXIONADO STRINGS	Nº: 1



## DIMENSIONAMIENTO Y DISEÑO DE UNA INSTALACION SOLAR FOTOVOLTAICA SOBRE CUBIERTA DE NAVE INDUSTRIAL



PROMOTOR: ISAAC MENA LOPEZ

FECHA:

AUTOR: ISAAC MENA LOPEZ

ESCALA:

VERSION: V.01

PLANO: ESQUEMA UNIFILAR

Nº: 1