

Proyecto Fin de Máster
Máster en Ingeniería Industrial

Proyecto de una planta fotovoltaica de 100 kW para autoconsumo

Autor:

Jaime Jiménez Morales

Tutor:

Jose María Maza Ortega

Profesor titular

Dpto. de Ingeniería Eléctrica
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2021

Agradecimientos

En primera instancia quisiera agradecer a todos los profesores y compañeros de máster que con su sabiduría me han ayudado a crecer y llegar a este punto de mi vida.

Agradecimientos al profesor Jose María Maza Ortega por su tiempo y dedicación para la realización de esta memoria que recoge el trabajo que culmina una etapa importante de la vida de cualquier persona, su formación universitaria.

Agradezco especialmente a los ingenieros Pablo Noriega, Jose Antonio Pérez y Jaime Barba por compartir sus conocimientos y experiencia durante los inicios de mi etapa profesional. La sabiduría que me han transmitido en sus consejos se puede ver reflejada en las páginas de esta memoria.

Por último, quiero agradecer a mi familia, y en especial a mi mujer y a mis padres, por su apoyo incondicional y trabajo en toda la trayectoria de mi máster.

A todos ellos gracias por que sin su apoyo este trabajo no hubiera sido posible.

En las siguientes paginas se podrá seguir como se realiza un proyecto para una instalación fotovoltaica dedicada al autoconsumo para una potencia prevista de 100 kW. En el se incluirán los contenidos mínimos que debe de contener cualquier proyecto de una instalación en baja tensión.

Por tanto, el proyecto constará con una Memoria Técnica, donde se analizará el planteamiento inicial y se estudiará la viabilidad del proyecto; una Memoria de Cálculos, donde se justificará numéricamente los diseños escogidos; un Pliego de Condiciones con las condiciones a cumplir por los distintos entes que se recogen en el proyecto; el Estudio Básico de Seguridad y Salud, donde se recogen las condiciones mínimas a cumplir en materia de seguridad durante la ejecución del proyecto y por último, el Presupuesto del proyecto.

Abstract

In the pages that follow it will be describe a project to install a 100kW photovoltaic plant which will be used for self-consumption. It will include the minimum contents that any project of a low voltage installation must have.

Therefore, the project will consist of a Technical Report, where the first approach will be analyzed and the viability of the project will be studied; a Memory of Calculations, where the chosen designs will be justified numerically; a List of Conditions with the conditions to be fulfilled by the different entities that are included in the project; the Basic Health and Safety Study, which includes the minimum conditions to be met in terms of safety during the execution of the project, and finally, the Project Budget.

Agradecimientos	ix
Resumen	xi
Abstract	xiii
Índice	xv
Índice de Tablas	xix
Índice de Figuras	xxi
Notación y glosario	xxiii
1 Memoria técnica	1
1.1. <i>Introducción</i>	1
1.2. <i>Componentes de una instalación fotovoltaica</i>	2
1.3. <i>Antecedentes y objeto del proyecto</i>	3
1.4. <i>Promotor de la instalación</i>	4
1.5. <i>Emplazamiento</i>	4
1.6. <i>Resumen de la normativa aplicable</i>	4
1.6.1. Instalación eléctrica	4
1.6.2. Acciones y estructuras de acero y hormigón	5
1.6.3. Condiciones de seguridad y ambientales, seguridad y salud	5
1.6.4. Impacto ambiental	5
1.6.5. Otra normativa de consulta y referencia	6
1.7. <i>Estudio preliminar</i>	6
1.7.1. Estudio del recurso solar	6
1.7.2. Análisis del consumo horario	7
1.7.3. Definición del tamaño del generador solar y de los inversores	8
1.7.4. Modelado 3D para el cálculo de las pérdidas por sombras y definición del layout	9
1.8. <i>Justificación de la solución</i>	14
1.8.1. Presupuesto	14
1.8.2. Análisis económico	14
1.9. <i>Descripción de la instalación</i>	16
1.9.1. Condiciones de partida	16
1.9.2. Generador fotovoltaico	16
1.9.3. Estructura soporte	17
1.9.4. Sombras y distancias entre módulos	18
1.9.5. Inversores	19
1.9.6. Cableado y canalizaciones	20
1.9.7. Puesta a tierra	21
1.9.8. Cuadro eléctrico y aparamenta de maniobra y protección	22
1.9.9. Protecciones	22
1.9.10. Sistema de monitorización	23
2 Memoria de Cálculos	27
2.1 <i>Diseño Mecánico</i>	27
2.1.1 Análisis de la cubierta	27

2.1.2	Cálculo de cargas de viento	28
2.2	<i>Diseño Eléctrico</i>	28
2.2.1	Generador Fotovoltaico	28
2.2.2	Inversor	30
2.2.3	Secciones de cables y canalizaciones	32
2.2.4	Cuadros y protecciones eléctricas	35
2.2.5	Puesta a tierra	35
3	Pliego de condiciones	37
3.1	<i>Objeto</i>	37
3.2	<i>Condiciones facultativas</i>	37
3.2.1	Delimitación de las funciones técnicas	37
3.3	<i>Condiciones económicas</i>	40
3.3.1	Abono de la obra	40
3.3.2	Precios	40
3.3.3	Previsión de precios	40
3.3.4	Penalizaciones	40
3.3.5	Contrato	40
3.3.6	Responsabilidades	40
3.3.7	Rescisión de contrato	41
3.3.8	Liquidación en caso de rescisión de contrato	41
3.4	<i>Condiciones técnicas</i>	41
3.4.1	Condiciones generales	41
3.4.2	Disposiciones vigentes	41
3.4.3	Generalidades	42
3.4.4	Emplazamiento	42
3.4.5	Módulos fotovoltaicos	43
3.4.6	Estructura de soporte	43
3.4.7	Inversor	44
3.4.8	Cableado	45
3.4.9	Conexión a red	46
3.4.10	Protecciones	46
3.4.11	Medida de la enegía	46
3.4.12	Puesta a tierra	47
3.4.13	Armónicos y compatibilidad electromagnética	47
3.4.14	Ejecución de obras	47
3.4.15	Tendido de cables	48
3.4.16	Protección del medio ambiente	48
3.4.17	Recepción y pruebas	49
3.4.18	Garantías	49
4	Estudio básico de seguridad y salud	51
4.1	<i>Normativa y objeto del Estudio Básico de Seguridad</i>	51
4.1.1	Justificación del Estudio Básico de Seguridad y Salud	51
4.2	<i>Descripción de la Obra</i>	51
4.2.1	Datos generales del proyecto y de la obra	51
4.2.2	Asistencia sanitaria	51
4.3	<i>Normas preventivas generales de la obra</i>	52
4.3.1	Normas generales	52
4.3.2	Protecciones individuales y colectivas	52
4.3.3	Maquinaria y equipos de trabajo	53
4.3.4	Orden y limpieza	53
4.4	<i>Deberes, obligaciones y compromisos</i>	53
4.4.1	De las personas	53
4.4.2	Equipos de trabajo y medios de protección	54

4.5	<i>Principios básicos de la actividad preventiva de esta obra</i>	54
4.5.1	Generales.	54
4.5.2	Evaluación de los riesgos	55
4.6	<i>Prevención de riesgos de la obra</i>	56
4.6.1	Análisis de los métodos de ejecución y de los materiales y equipos a utilizar.	56
4.6.2	Unidades constructivas que componen la obra	56
4.6.3	Maquinaria, medios auxiliares y herramientas previstas para la ejecución de la obra	56
4.6.4	Botiquines	57
4.6.5	Asistencia de los accidentados	57
4.6.6	Relación de equipos de protección individual	57
4.6.7	Riesgos y medidas preventivas en las actividades de obra	57
4.6.8	Riesgos y medidas preventivas en la maquinaria y herramienta de obra	60
4.6.9	Riesgos y medidas preventivas en los medios auxiliares de la Obra	62
4.6.10	Riesgos y medidas preventivas de daños a terceros	63
4.6.11	Protección de manos y brazos	63
4.6.12	Protección de pies y piernas	64
4.6.13	Vestuario de protección	66
4.6.14	Ropa aislante de protección para trabajos en instalaciones de baja tensión	67
4.7	<i>Formación e Información para trabajos en instalaciones de baja tensión</i>	68
4.7.1	Criterios Geneales	68
5	Presupuesto	71
5.1	<i>Resumen del presupuesto</i>	71
5.2	<i>Desglose de la ejecución material</i>	71
5.2.1	Instalación fotovoltaica	71
5.2.2	Instalación eléctrica	73
5.2.3	Gestión de residuos	75
5.2.4	Seguridad y salud	76
5.2.5	Medios auxiliares	76
5.2.6	Control de calidad	76
6	Anexos	77
6.1	<i>Planos</i>	77
6.2	<i>Fichas técnicas</i>	83
6.3	<i>Simulaciones PVSyst</i>	90
7	Bibliografía	111

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Resumen de los gráficos de pérdidas para las tres opciones planteadas	14
Tabla 1-2: Resumen del presupuesto de la instalación	14
Tabla 1-3: Tabla de amortización de la instalación	15
Tabla 2-1: Valores característicos de las sobrecargas	27
Tabla 2-2: Reparto de los paneles en las distintas cubiertas	28
Tabla 2-3: Resumen de las principales características de los inversores	30
Tabla 2-4: Resumen de las principales características del módulo	30
Tabla 2-5: Reparto de módulos en las distintas cubiertas	31
Tabla 2-6: Reparto de los strings que corresponden a cada inversor	31
Tabla 2-7: Caída de tensión de los distintos strings	33
Tabla 2-8: Caída de tensión de los tramos de corriente alterna	34
Tabla 2-9: Sección del conductor de cobre para los distintos tramos	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Ejemplo de silicio monocristalino [4]	2
Figura 1-2: Ejemplo de silicio policristalino [4]	2
Figura 1-3: Ejemplo de silicio amorfo [4]	2
Figura 1-4: Curva I/V y curva P/V para un conjunto de módulos fotovoltaicos[5]	3
Figura 1-5: Comparativa de los datos meteorológicos obtenidos de las fuentes PVGIS y Meteonorm	7
Figura 1-6: Consumo medio a lo largo de un día de la empresa	7
Figura 1-7: Consumo medio a lo largo del año 2019 de la empresa	8
Figura 1-8: Relación del porcentaje de autoconsumo y de la cuota autárquica con la potencia instalada	9
Figura 1-9: Dibujo de la disposición de los paneles para la opción 1	10
Figura 1-10: Gráfico de pérdidas de la opción 1	11
Figura 1-11: Dibujo de la disposición de los paneles para la opción 2	12
Figura 1-12: Gráfico de pérdidas de la opción 2	12
Figura 1-13: Dibujo de la disposición de los paneles para la opción 3	13
Figura 1-14: Gráfico de pérdidas de la opción 3	13
Figura 1-15: Datos de los módulos que componen el generador fotovoltaico	17
Figura 1-16: Esquema del montaje de la estructura	18
Figura 1-17: Datos de la guía utilizada en la estructura	18
Figura 1-18: Datos de la tornillería utilizada en la estructura	18
Figura 1-19: Ejemplo del sistema de monitorización	24
Figura 2-1: Consumo medio a lo largo de un día de la empresa	29
Figura 2-2: Consumo medio a lo largo del año 2019 de la empresa	29
Figura 2-3: Relación del porcentaje de autoconsumo y de la cuota autárquica con la potencia instalada	29
Figura 4-1: Pictograma resistencia a riesgos mecánicos	64
Figura 4-2: Pictograma Protección contra el frío	67
Figura 4-3: Pictograma Protección contra el mal tiempo	67
Figura 4-4: Pictograma protección aislante de la electricidad	68

Notación y glosario

AC	Corriente Alterna
DC	Corriente Continua
CGBT	Cuadro general de baja tensión
REBT	Reglamento electrotécnico baja tensión
ITC	Instrucción técnica complementaria
MPPT	Seguidor punto de máxima potencia
P_{GF}	Potencia del generador fotovoltaico
P_m	Potencia del módulo fotovoltaico
V_{invDC}	Tensión inversor parte DC
N_{serie}	Número de paneles en serie para un string
P_{nom}	Potencia nominal
V_{oc}	Tensión en circuito abierto
V_{mp}	Tensión en el punto de máxima potencia
I_{sc}	Intensidad de cortocircuito
I_{mo}	Intensidad en el punto de máxima potencia
sin	Función seno
cos	Función coseno
min	Función mínimo

1 MEMORIA TÉCNICA

1.1. Introducción

La energía solar se ha convertido en un emblema de las energías renovables, protagonizando en los últimos años un espectacular avance, debido a en su mayor parte a la mejora en la tecnología que también ha radicado en una disminución en los costes, y a una concienciación cada vez mayor de la sociedad por ser más respetuosos con el medio ambiente y por combatir el cambio climático. Gracias a ello muchas administraciones han decidido también apostar por estas energías limpias, fomentando su instalación a base de ayudas, subvenciones e incentivos fiscales [1][2].

Hablando exclusivamente de Europa, podemos destacar un claro ejemplo de lo anterior como es el Pacto Verde Europeo. En él se recogen una serie de objetivos a cumplir por los países firmantes, entre los que destacan:

- Las emisiones netas de gases invernadero sean cero para 2050
- El crecimiento sea sostenible y no asociado al uso de recursos

Para lograr estos objetivos, lograr la descarbonización de la producción energética es un punto clave, donde la energía solar va a jugar un papel fundamental.

La energía solar presenta muchas formas, pero cuando hablamos de energía solar fotovoltaica nos referimos a la electricidad que es obtenida a partir de la radiación solar gracias a un dispositivo llamado célula fotovoltaica.

Las células están hechas con materiales semiconductores (principalmente silicio). Estos materiales tienen la facultad de generar una corriente eléctrica cuando la luz incide sobre ellos. Esto es debido a que para excitar sus electrones de valencia y generar una corriente, basta con una pequeña cantidad de energía, la cual absorbe de los fotones de la luz.

La energía fotovoltaica presenta una serie de ventajas, respecto de otras formas de energías, entre las que destacan su escaso impacto ambiental, su distribución por toda la superficie terrestre y su sencillo mantenimiento. Todo ello ayuda a que sea una energía limpia, de fácil implantación incluso en zonas aisladas y con un coste que va en descenso conforme avanza la tecnología.

Por otra parte, presenta una serie de desventajas que también hay que mencionar. La energía fotovoltaica es una fuente de energía que no siempre está disponible ya que depende de las condiciones ambientales y de las horas de luz. Es decir, en los días nublados y por la noche la producción baja o no existe. Para paliar este inconveniente, se necesitan de acumuladores de energía, usualmente baterías, que tiene un mayor coste ambiental y monetario. Por otra parte, tienen un impacto visual negativo si no se tiene en cuenta su integración con el entorno. Igualmente, cuando se trata de instalaciones de gran tamaño, pueden tener un efecto negativo en el ecosistema donde se implantan.

A pesar de esta serie de inconvenientes, el hecho de que sea una fuente de energía prácticamente inagotable seguirá impulsando su desarrollo y su implantación a nivel global.

1.2. Componentes de una instalación fotovoltaica

En este punto se describirán los componentes más importantes que componen una instalación fotovoltaica para autoconsumo [3].

- **El generador fotovoltaico:** está compuesto por el conjunto de placas o módulos fotovoltaicos, y son los encargados de transformar la radiación solar en electricidad, gracias a las células solares. Dependiendo del tipo de célula, podemos clasificar los módulos en tres grandes grupos:
 - Con silicio monocristalino: Son las células de mayor rendimiento y la célula está formada por un único cristal de silicio. Por ende, son los más caros



Figura 1-1: Ejemplo de silicio monocristalino [4]

- Con silicio policristalino: es similar al de silicio monocristalino, solo que, con un proceso de fabricación simplificado, por lo que se pueden apreciar varios cristales de silicio. Son más económicos que los monocristalinos, pero con menor rendimiento.

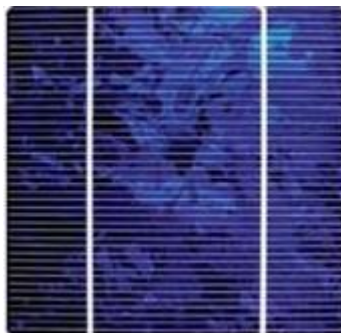


Figura 1-2: Ejemplo de silicio policristalino [4]

- Amorfos: son los más baratos y los de peor rendimiento.



Figura 1-3: Ejemplo de silicio amorfo [4]

La potencia del generador fotovoltaico se consigue por la asociación serie-paralelo de las placas fotovoltaicas. Para ello conocer el número de placas que se pueden conectar en serie o paralelo, hay que tener en cuenta la tensión y la intensidad máximas admitida por el inversor. Igualmente, la potencia producida depende de la irradiación, de la intensidad y de la tensión de la célula. En la siguiente imagen se puede apreciar las curvas I/V y P/V para un conjunto de 72 paneles, 6 en serie y 12 ramas en paralelo, a distintas irradiaciones:

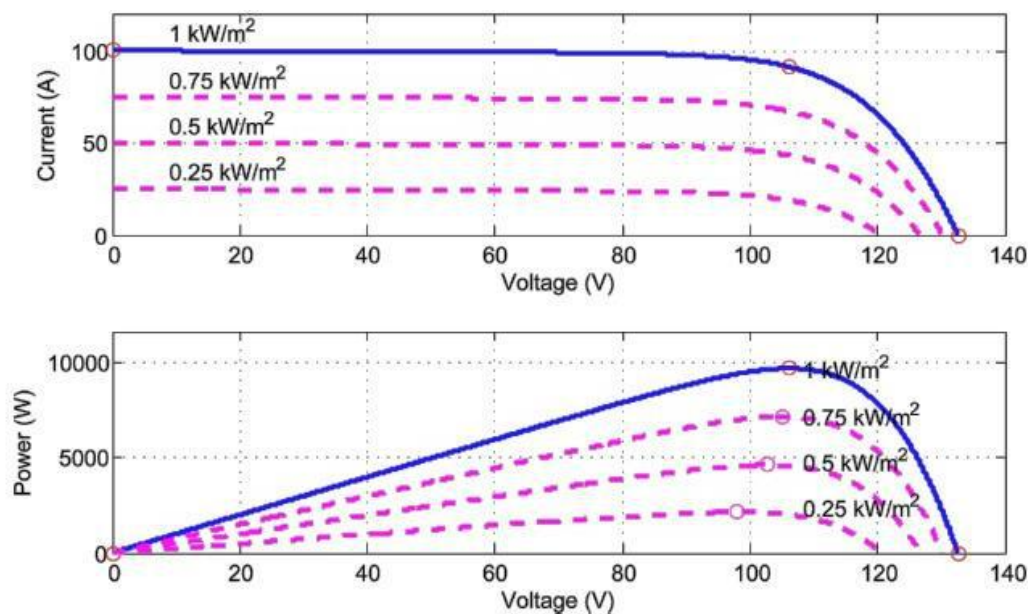


Figura 1-4: Curva I/V y curva P/V para un conjunto de módulos fotovoltaicos[5]

Como se puede observar, existe un punto de máxima potencia, para cada irradiación.

- **El inversor:** si nos ceñimos a la teoría, el inversor es un convertidor de corriente continua en corriente alterna. Sin embargo, en la actualidad, el inversor es dispositivo que suele agrupar varios componentes entre los que destacan:
 - El regulador de carga: es el dispositivo electrónico que realiza la gestión del sistema fotovoltaico. Para ello, se encarga de que el generador fotovoltaico funcione en su punto de máxima potencia y de cargar o descargar los sistemas de acumulación de energía.
 - El convertidor DC/AC: tanto los paneles fotovoltaicos como las baterías proporcionan corriente continua. Por tanto, si queremos usar esta energía para alimentar cargas de corriente alterna (las que se usan en la vida cotidiana) necesitamos un dispositivo que convierta de un tipo a otro de corriente. Esta es la función del inversor.
 - Protecciones: la mayoría de los inversores actuales cuentan con protecciones internas tanto para la parte de corriente alterna (sobretensiones, sobreintensidad...) como para la parte de corriente continua (detección de polaridad inversa, resistencia de aislamiento).
- **Sistemas de acumulación de energía:** En la mayoría de los casos, se cumple que el consumo de energía no está alineado temporalmente con la producción de energía fotovoltaica. Por tanto, resulta necesario algún dispositivo que sea capaz de almacenar la energía excedentaria en los momentos de mayor producción, para volver a inyectarla cuando sea necesario. Esta es la función de los acumuladores de energía. Existen muchos tipos de estos, como las baterías, los volantes de inercia, la generación de hidrógeno para luego utilizarlo en una pila de combustible... sin embargo, los más usuales en instalaciones de autoconsumo son las baterías, por lo que nos centraremos en estas.

Una batería es un dispositivo capaz de convertir la energía eléctrica en química y viceversa. Las más comunes son las baterías de plomo-ácido y las baterías de ion-litio.

- **Protecciones:** Como se ha comentado anteriormente, la mayoría de los inversores cuentan con protecciones internas. Sin embargo, en el caso de que no disponga de alguna de ellas o como elemento adicional, se instala un cuadro de protección donde se colocarán estas protecciones adicionales.

1.3. Antecedentes y objeto del proyecto

El siguiente proyecto corresponde a un encargo real que una empresa dedicada a ofrecer servicios de catering ha efectuado. Dicha empresa, en la actualidad obtiene su energía a través de la red, comprándola a su compañía comercializadora. Sin embargo, la legislación vigente, así como los incentivos promovidos desde las administraciones, invitan a estudiar la conveniencia de realizar una instalación fotovoltaica para autoconsumo. Además, las cubiertas de los edificios donde está situada la empresa constan de cubiertas técnicamente válidas

para la instalación de módulos fotovoltaicos ya que la orografía o las construcciones colindantes no generan sombras que puedan lastrar la producción.

Por tanto, se realiza el presente proyecto para definir las condiciones técnicas y económicas para la realización de una planta fotovoltaica de autoconsumo de 100kW de potencia nominal conectada a red y con compensación de excedentes ubicada en la cubierta de una nave industrial de una empresa situada en Arahal en la provincia de Sevilla.

El proyecto se compone de Memoria Técnica, Memoria de Cálculos, Pliego de Condiciones, Estudio básico de Seguridad y Salud, Presupuesto y los distintos Anexos.

1.4. Promotor de la instalación

Dado que el proyecto esta basado en una empresa real, se omitirán ciertos detalles en aras de evitar la divulgación de datos sin el correspondiente consentimiento. Sin embargo, los datos que se deberían proporcionar son:

- Nombre: Catering y Servicios....
- CIF:
- Domicilio social (a efectos de notificación):41600 Arahal, Sevilla

1.5. Emplazamiento

Al igual que en el caso anterior, no se proporcionarán detalles exactos sobre la localización. La instalación fotovoltaica se llevará a cabo en los edificios propiedad de la empresa promotora situados en Arahal, Sevilla (coordenadas...) con referencia catastral... y que cuenta con una superficie de ...

1.6. Resumen de la normativa aplicable

1.6.1. Instalación eléctrica

- Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e instrucciones técnicas complementarias (ITC BT 01 a 51). BOE núm. 224 de 18 de septiembre.
- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del sector eléctrico.
- Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- Real Decreto 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. BOE núm. 310 de 27 de diciembre.
- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- Real Decreto 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 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.
- Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.
- Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.
- Orden de 12 de abril de 1999, por la que se dictan las instrucciones técnicas complementarias al Reglamento de Puntos de Medida de los Consumos y Tránsitos de Energía Eléctrica.
- Guía técnica de condiciones sobre la conexión a la red de distribución de media tensión de Endesa de productores en régimen especial.
- Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red del IDEA

- Documento Básico de Ahorro Energético HE 5.

1.6.2. Acciones y estructuras de acero y hormigón

- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Orden VIV/984/2009, de 15 de abril, por la que se modifican determinados documentos básicos del Código Técnico de la Edificación aprobados por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, y el Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre.
- Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio por el que se aprueba la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).
- Real Decreto 751/2011 de 27 de mayo, por el que se aprueba la Instrucción de Acero Estructural (EAE-11).
- Real Decreto 997/2002, de 27 de septiembre, por el que se aprueba la Norma de Construcción Sismo resistente: parte general y edificación (NCSE-02). BOE núm. 244 de 11 de octubre.

1.6.3. Condiciones de seguridad y ambientales, seguridad y salud

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba los Reglamentos de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores.
- Real Decreto 836/2003, de 27 de junio, por el que se aprueba una nueva instrucción técnica complementaria MIE-AEM-2 del Reglamento de aparatos de elevación y manutención, referente a grúas torre para obras u otras aplicaciones.
- Real Decreto 2177/2004, de 12 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización de los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura.

1.6.4. Impacto ambiental

- Ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental en Andalucía.
- Instrucción 1/2207 conjunta de la Dirección General de urbanismo y de la Dirección General de Industria, energía y Minas, en relación con los informes a emitir por la Consejería de Obras Públicas y Transportes sobre la implantación de actuaciones de producción de energía eléctrica mediante fuentes energéticas renovables previstos en el artículo 12 de la Ley 2/2007, de 27 de mayo, de fomento de las energías renovables y del ahorro y eficiencia energética de Andalucía.
- Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.
- Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido.
- Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental.
- Real Decreto 524/2006, de 28 de abril, por el que se modifica el Real Decreto 212/2002, de 22 de febrero, por el que se regulan las emisiones sonoras en el entorno debidas a determinadas máquinas de uso al aire libre.
- Decreto 6/2012, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de Protección contra la Contaminación Acústica en Andalucía, y se modifica el Decreto 357/2010, de 3 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento para la Protección de la Calidad del Cielo Nocturno frente a la contaminación lumínica y el establecimiento de medidas de ahorro y eficiencia energética.
- Real Decreto Ley 1/2001, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas.
- Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de Dominio Público, que desarrolla los títulos I, IV, V, VI y VII, de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas.
- Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.

- Real Decreto 833/1988, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986 Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos.
- Real Decreto 952/1997, de 20 de junio, por el que se modifica el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986 Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos, aprobado por el Real Decreto 833/1988, de 20 de julio.
- Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.
- Ley 8/2003, de 28 de octubre, de la flora y fauna silvestre de Andalucía.
- Ley 2/1992 de 15 de junio, Forestal de Andalucía.
- Decreto 208/1997 de 9 de septiembre, por el que se aprueba Reglamento Forestal de Andalucía.
- Ley 5/1999, de 29 de junio, de Prevención y Lucha Contra los Incendios Forestales en Andalucía.
- Decreto 247/2001, de 13 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Prevención y Lucha contra los Incendios Forestales.
- Ley 14/2007, de 26 de noviembre, de Patrimonio Histórico de Andalucía.
- Decreto 168/2003, de 17 de junio, por el que se aprueba Reglamento de Actividades Arqueológicas.
- Ley 7/2002, de 17 de diciembre, de Ordenación Urbanística de Andalucía. La restante normativa se hace referencia en el Estudio de Impacto Ambiental que acompaña a este Proyecto.

1.6.5. Otra normativa de consulta y referencia

- Ley 21/1992 de 16 de julio, de Industria.
- Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de la infraestructura para la Calidad y la Seguridad Industrial, y sus modificaciones posteriores.
- Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación.
- Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.
- Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.
- Real Decreto 842/2013, de 31 de octubre, por el que se aprueba la clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y de resistencia frente al fuego.
- Resolución de 30 de diciembre de 2020, de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, por la que se formula la declaración ambiental estratégica del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030
- Normas UNE.
- Normas IEC.

1.7. Estudio preliminar

1.7.1. Estudio del recurso solar

En este apartado se hará un estudio de la energía proveniente del sol en la ubicación de la planta, justificando con ello la conveniencia de la instalación de una planta fotovoltaica.

Para obtener dichos datos, se han utilizado dos fuentes distintas. Por una parte, se ha utilizado la herramienta online PVGIS. Esta herramienta es una base de datos que pone a disposición de todo el público una serie de variables y útiles relacionados con el mundo de la fotovoltaica, como por ejemplo los valores horarios de la irradiancia para una localización concreta o una simulación simple de la producción de una instalación fotovoltaica. Para poder proporcionar estos datos, PVGIS utiliza imágenes de diferentes satélites. Una de las ventajas de esta herramienta, que ha sido desarrollada por la Unión Europea, es que es gratuita y que está puesta a disposición para todo el mundo.

Por otra parte se han utilizado los datos del programa para realizar proyectos fotovoltaicos, PVSyst. Este programa permite simular el funcionamiento de la planta, incluyendo un gran número de detalles, como el cálculo de las pérdidas por sombras (para lo que habría que hacer un diseño 3D de la planta), las pérdidas por saturación del inversor, la producción obtenida teniendo la localización de la planta, los datos meteorológicos, etc.. Sobre estos últimos, que son los que nos interesan en este punto, PVSyst utiliza Meteonorm. Meteonorm

es un software que combina los datos de distintas estaciones meteorológicas e interpola para calcular la irradiación en otros puntos de la superficie terrestre.

En el siguiente gráfico se puede ver una comparativa de los datos obtenidos con ambos métodos.

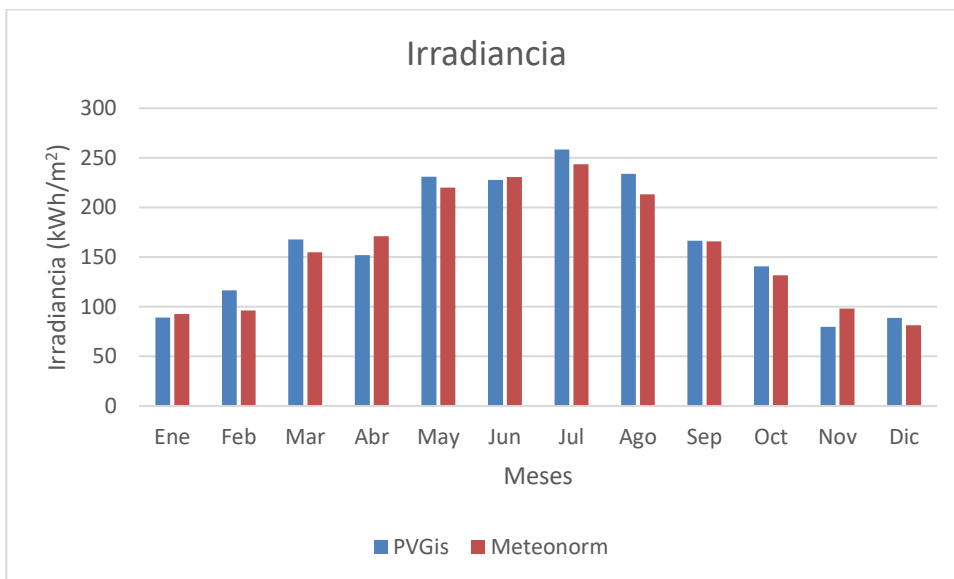


Figura 1-5: Comparativa de los datos meteorológicos obtenidos de las fuentes PVGIS y Meteonorm

Como se puede apreciar, en ambos casos los datos son bastante similares y el total de irradiación a lo largo del año es cercano a los 1,9 MWh/m2 en los planos de las cubiertas.

1.7.2. Análisis del consumo horario

En este punto, se analizará el consumo de la empresa, justificando con ello la conveniencia de realizar una instalación fotovoltaica para autoconsumo.

Los datos horarios de consumo de la empresa se pueden obtener directamente a través de la página web de la distribuidora, previa autorización del promotor. En los siguientes gráficos se puede apreciar el consumo a lo largo del día, y a lo largo de los meses.

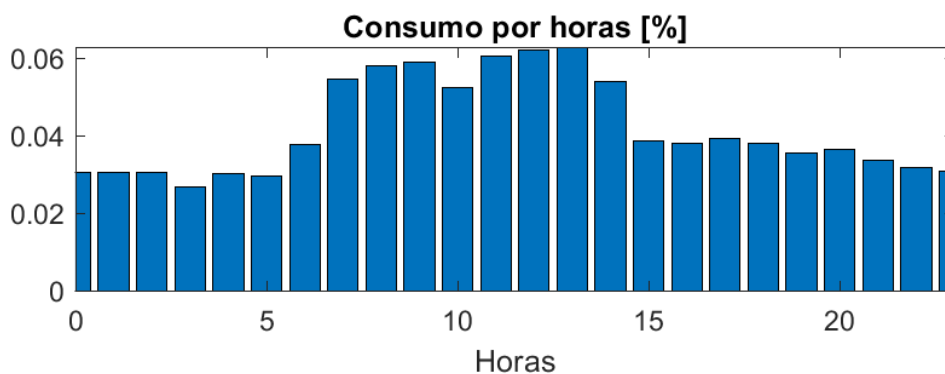


Figura 1-6: Consumo medio a lo largo de un día de la empresa

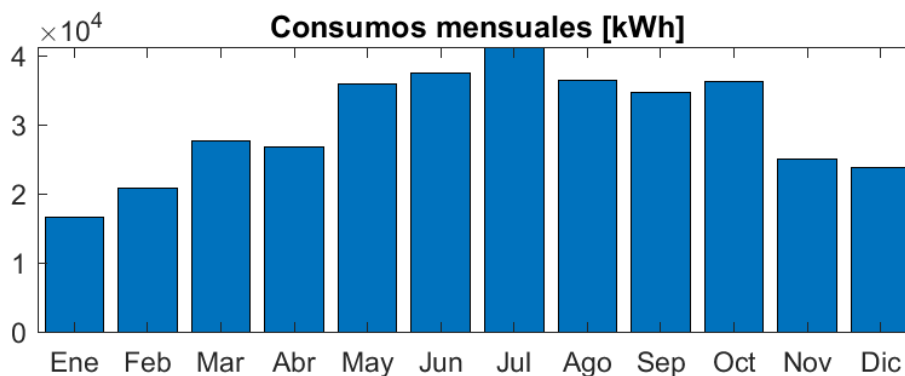


Figura 1-7: Consumo medio a lo largo del año 2019 de la empresa

Si se analiza el gráfico horario, es lógico que, tratándose de una empresa, el mayor consumo se concentra durante las primeras horas de la mañana, entre las 7 de la mañana y las 15 de la tarde. El hecho de que el mayor consumo sea durante el día beneficia que la energía generada por la instalación sea consumida por la in situ, evitando tener que comprarla a la compañía eléctrica y limitando el excedente de energía. A esta energía se le conoce como autoconsumo, y como se verá en el siguiente apartado, es un punto clave para la viabilidad de la planta. Es decir, cuanto más alineado este el consumo con la generación de energía reportará en un mayor ahorro.

En lo que respecta al gráfico de los consumos mensuales, vemos un incremento del consumo durante los meses de verano. Al igual que lo explicado anteriormente, este hecho beneficia el autoconsumo. Dado que durante los meses de verano hay más horas de luz y la elevación solar es mayor, la producción es más alta que durante los meses de invierno.

1.7.3. Definición del tamaño del generador solar y de los inversores

Con la información de los puntos anteriores, se puede realizar un cálculo de la potencia a instalar en módulos fotovoltaicos, así como de la potencia de los inversores. Para ello, hay que tener en cuenta varios factores, entre los que destacan la cuota Autárquica, el Autoconsumo (del que hemos hablado brevemente en el anterior punto). A efectos de una mayor comprensión se define ambos conceptos:

Porcentaje de energía autoconsumida: Ratio entre la energía generada en la planta y consumida in situ de forma instantánea. En nuestro caso se usarán datos horarios, ya que son los que nos proporcionan las simulaciones Para su cálculo se ha utilizado la siguiente fórmula:

$$\frac{\sum_{i=1}^n \min(E_{consum_i}, E_{gen_i})}{\sum_{i=1}^n E_{gen_i}}$$

Donde:

E_{consum_i}

es la energía consumida en la hora i

E_{gen_i}

es la energía generada por la instalación en la hora i

$\sum_{i=1}^n \min(E_{consum_i}, E_{gen_i})$

es el sumatorio en la hora i hasta la hora n del min entre la energía consumida y la energía generada

$\sum_{i=1}^n E_{gen_i}$

es el sumatorio en la hora i hasta la hora n de la energía generada, o dicho de otro modo, la energía total generada

- **Cuota autárquica:** Ratio entre el consumo total y la parte de este que proviene de la generación de la planta. Al igual que en el caso anterior, utilizaremos datos horarios, siendo la fórmula utilizada:

$$\frac{\sum_{i=1}^n \min(E_{consum_i}, E_{gen_i})}{\sum_{i=1}^n E_{consum_i}}$$

Donde:

$\sum_{i=1}^n E_{consum_i}$

es el sumatorio en la hora i hasta la hora n de la energía consumida, o dicho de otro modo, la energía total consumida

•

Con los datos de consumo y realizando simulaciones para obtener la energía producida para distintas potencias nominales instaladas, se puede calcular como varían ambos factores según esta. Recogiendo estos datos en un gráfico se obtiene lo siguiente:

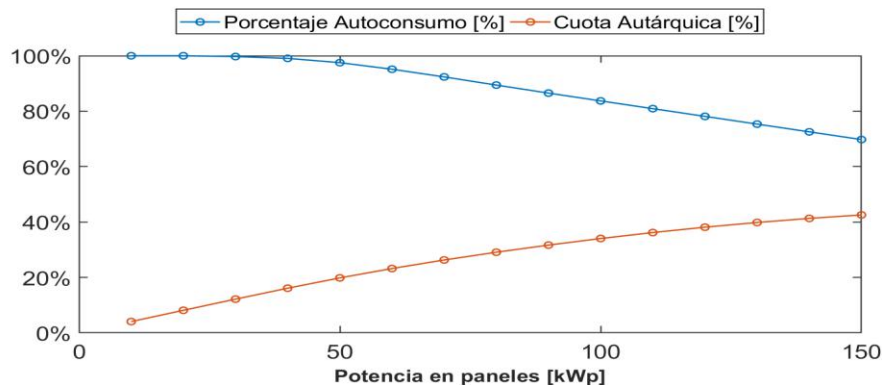


Figura 1-8: Relación del porcentaje de autoconsumo y de la cuota autárquica con la potencia instalada

Como se puede comprobar, para bajas potencias instaladas, la cuota de autoconsumo es muy alta y autárquica muy baja. Esto ocurre ya que, si se tiene una baja potencia instalada, la generación es muy poca por lo que la mayor parte de esta energía se consumirá de forma instantánea (autoconsumo alto). Sin embargo, esta generación solo es capaz de satisfacer una pequeña parte de nuestro consumo (cuota autárquica baja).

Aunque a primera vista se podría esperar que lo más beneficioso es un autoconsumo muy alto, esto no es totalmente cierto. Llevado este argumento al límite, si se instalara una única placa fotovoltaica, toda la energía generada por ésta, sería consumida por la industria, por lo que el autoconsumo sería del 100%. Sin embargo, nuestra cuota autárquica sería muy baja, lo que quiere decir que la mayor parte de nuestro consumo debe ser comprado a la compañía eléctrica, por lo que no compensa el coste de la instalación.

Por tanto, tenemos que llegar al punto de equilibrio entre una cuota autárquica alta a la vez que un porcentaje de autoconsumo no demasiado bajo. Además, hay que tener en cuenta una restricción adicional, impuesta por la legislación actual. Las instalaciones de autoconsumo con una potencia nominal instalada no superior a 100 kW pueden acogerse al mecanismo de compensación simplificada de excedentes. Si se superaran los 100 kW de potencia, habría que acogerse a la modalidad con excedentes no acogida a compensación simplificada, en la cual los excedentes serán volcados a la red en régimen de venta, lo cual requiere una mayor gestión de permisos y tiempo de tramitación.

Por otra parte, hay que tener en cuenta la superficie disponible en las cubiertas, así como su orientación y las consideraciones estéticas que pueda imponer el promotor del proyecto. Respecto a esto último, en nuestro caso, el promotor no considera estético que los módulos fotovoltaicos se vean desde la fachada principal de las naves, por lo que ciertas cubiertas, a pesar de estar bien orientadas, no son aptas para la instalación.

Analizando todo lo anterior, llegamos a la conclusión que la instalación debe de ser de 100 kW de potencia nominal. En lo que respecta a la potencia del generador fotovoltaico, en Europa se considera un factor de sobredimensionamiento alrededor del 1,25. Este valor viene modelado por varios factores a destacar:

- La latitud de la ubicación de la instalación, siendo este mayor conforme aumenta la latitud
- Las posibles pérdidas de potencia de los módulos en condiciones de trabajo reales, debidas a la instalación eléctrica, la temperatura de trabajo, sombras, etc..

En nuestro caso, se instalará una potencia de 138 kW en paneles fotovoltaicos por lo que vamos a superar ese valor. La justificación de esta decisión es que la instalación se va a disponer en varias cubiertas con distintas orientaciones, con lo que en nunca va a coincidir la potencia pico de todos los paneles en el mismo momento. En ningún caso se sobrepasará la potencia nominal, ya que el inversor satura para un determinado valor. Es decir, aunque la potencia del generador fotovoltaico sea mayor, el inversor solo producirá hasta cierta potencia. Como se verá en los siguientes puntos, las pérdidas por saturación no son excesivas, por lo que quedaría justificado el valor de nuestro coeficiente de sobredimensionamiento.

1.7.4. Modelado 3D para el cálculo de las pérdidas por sombras y definición del layout

Como se ha comentado anteriormente, PVSyst es un potente software que ayuda al diseño de plantas fotovoltaicas. Una de sus características más interesante, es el modelado 3D de la instalación, que, junto a una simulación de la producción a lo largo del año, permite conocer la producción de la planta, detallando las distintas pérdidas que se producen, incluyendo las sombras. Por tanto, resulta lógico aprovechar estas

características para un modelo 3D de la instalación objeto de este proyecto e incluir varias propuestas con distintas disposiciones de los paneles fotovoltaicos y analizar cuál es la mejor de las distintas opciones. Para cada opción se presentará un dibujo de la disposición de los paneles, así como un gráfico donde se muestra desde la irradiación que reciben los paneles hasta la producción a la salida del inversor, detallando las distintas pérdidas que se pueden dar en el sistema.

A continuación, se detallan las distintas opciones analizadas

- **Opción 1**

Como se verá posteriormente, una de las condiciones del promotor es que los módulos fotovoltaicos no sean visibles desde la fachada principal del edificio, situada en el este. Es por esta razón que se plantea esta primera opción, donde se trata de ocultar los módulos lo máximo posible desde este punto. Sin embargo, este puede acarrear ciertas pérdidas debido a las sombras del propio edificio y del edificio colindante.

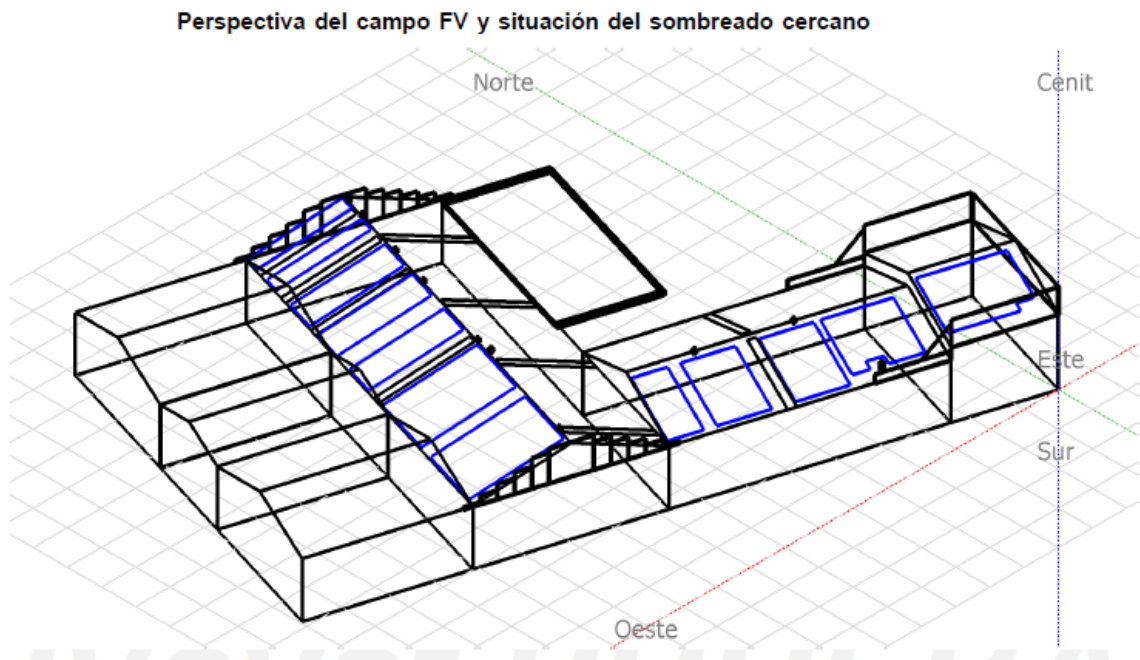


Figura 1-9: Dibujo de la disposición de los paneles para la opción 1

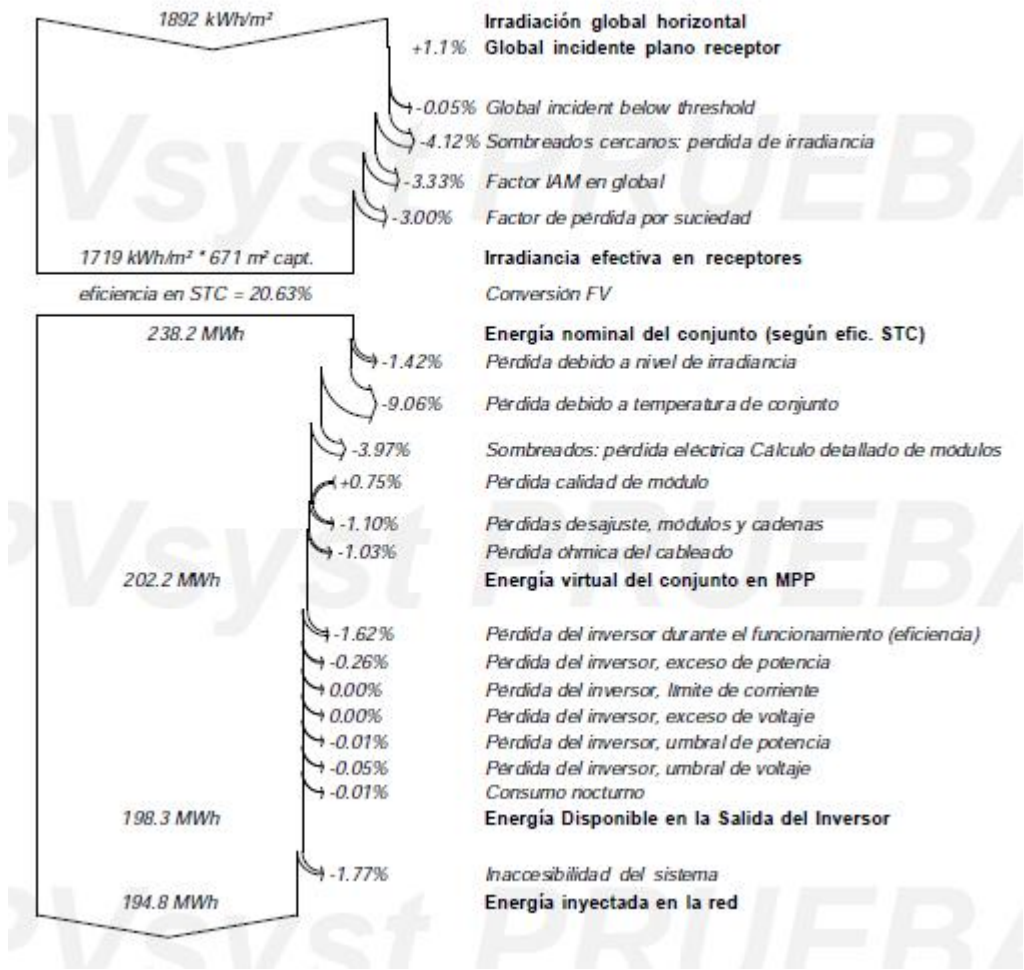


Figura 1-10: Gráfico de pérdidas de la opción 1

- **Opción 2**

En este caso se ha optado por buscar nuevas localizaciones mejor orientadas, reubicando a su vez los módulos que puedan recibir más sombra.

Perspectiva del campo FV y situación del sombreado cercano

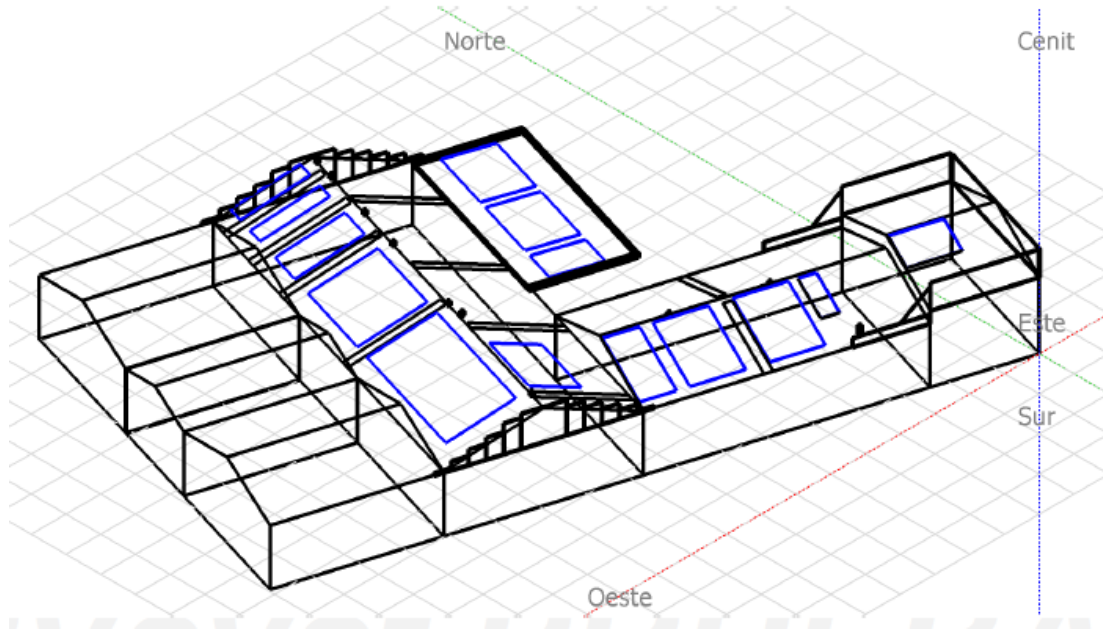


Figura 1-11: Dibujo de la disposición de los paneles para la opción 2

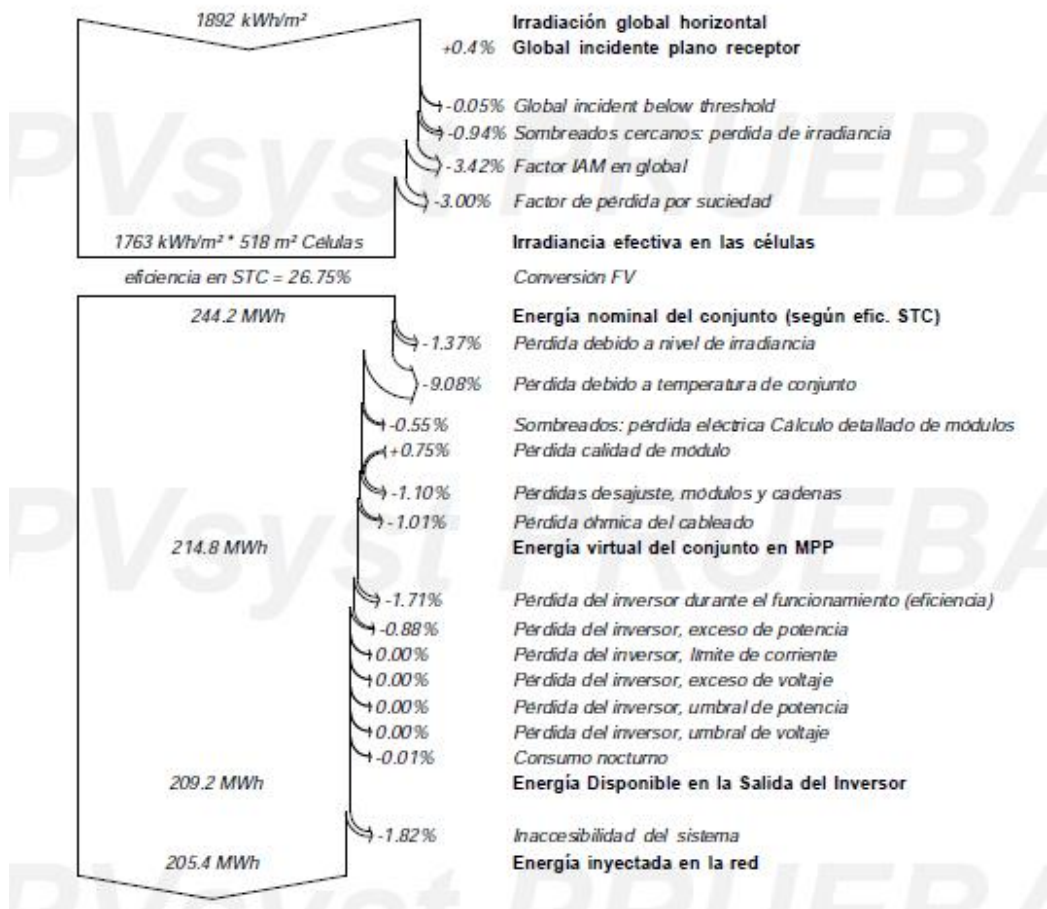


Figura 1-12: Gráfico de pérdidas de la opción 2

• **Opción 3**

Al igual que la anterior opción, se ha buscado reubicar algunos módulos, pero intentando mantener el máximo en las mismas cubiertas en aras de una instalación más simple.

Perspectiva del campo FV y situación del sombreado cercano

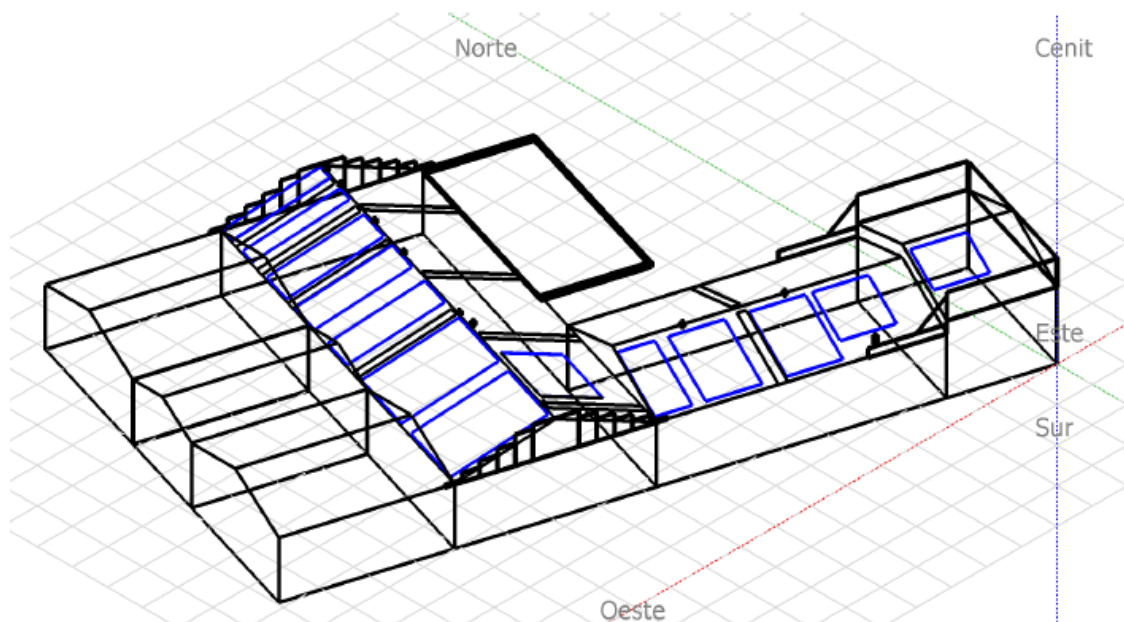


Figura 1-13: Dibujo de la disposición de los paneles para la opción 3

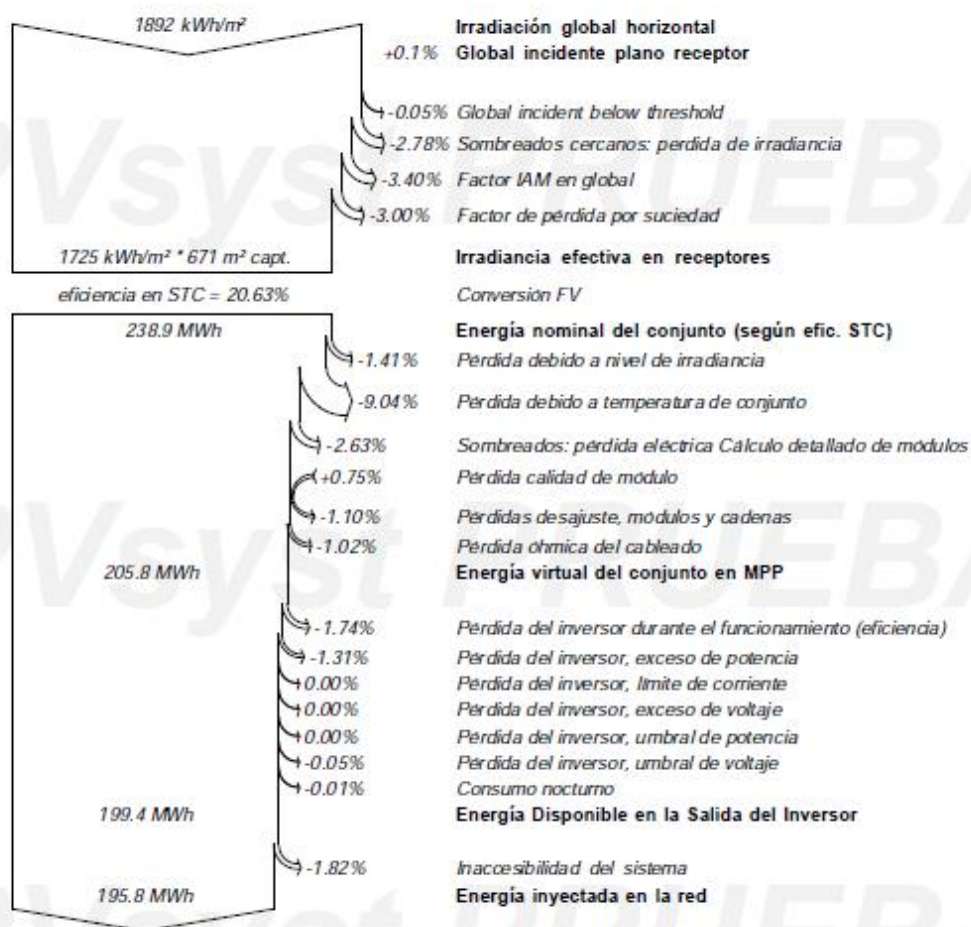


Figura 1-14: Gráfico de pérdidas de la opción 3

• **Análisis**

Lo primero que se observa a tenor del modelo, es que la orientación sureste tiene muy pocos módulos instalados. Esto es debido a la condición impuesta por el promotor de que los módulos no sean visibles desde la fachada principal.

En segundo lugar, si se analizan los gráficos de pérdidas anteriores y como se recoge en la Tabla 1-1, se puede observar claramente que la Opción 2 es la mejor de las tres. En dicha disposición las pérdidas por sombreados son mínimas, un 0,55%. Además, gracias a que una parte de los módulos se han pasado a la orientación sureste, la energía captada es mayor.

Tabla 1-1: Resumen de los gráficos de pérdidas para las tres opciones planteadas

Distribución	Energía nominal del conjunto (según eficiencia STC) [MWh]	Pérdidas por sombras [%]	Energía Inyectada a la red [MWh]
Opción 1	238,2	3,97	194,8
Opción 2	244,2	0,55	205,4
Opción 3	238,9	2,63	195,8

Por otra parte, como ya se comentó con anterioridad, las pérdidas por saturación del inversor son aceptables, siendo de un 1,10%.

1.8. Justificación de la solución

1.8.1. Presupuesto

Tabla 1-2: Resumen del presupuesto de la instalación

Partida de gasto	Coste
Presupuesto ejecución material	58.758,24 €
Gastos Generales (13%)	7.638,57 €
Beneficio industrial (6%)	3.525,49 €
I.V.A. (21%)	14.683,68 €
Total presupuesto general	84.605,99 €

1.8.2. Análisis económico

Con los datos de consumo anteriores, y calculando la generación horaria de la instalación a lo largo del año en base a los datos meteorológicos para la localización de la planta, se puede calcular la energía autoconsumida y la energía excedentaria. Con estas dos variables y con el precio de la electricidad se puede obtener el ahorro que se consigue gracias a la instalación. Además de ello, hay que sumarle la compensación que hace la compañía eléctrica por la energía excedentaria.

Para hacer el análisis a lo largo de 25 años, se ha considera una inflación en el precio de la luz del 3% (y por tanto del precio al que se pagarían los excedentes) y una degradación de los módulos de un 0,4% anual. Debido a esta degradación de la potencia nominal instalada, el porcentaje de energía autoconsumida, que depende de dicha potencia, va a variar a lo largo de los años, como quedó reflejado en la figura 1-8. Por tanto los excedentes se podrían calcular como:

$$Excedentes = E_{anual\ generada} - E_{anual\ autoconsumida}$$

$$Excedentes = E_{anual\ generada} - E_{anual\ generada} \cdot \text{Porcentaje autoconsumo}(P_{nom\ instalada})$$

Tabla 1-3: Tabla de amortización de la instalación

Año	Energía autoconsumida [kWh]	Excedentes [kWh]	Ahorro energético [€]	Compensación de excedentes [€]	Ahorro total [€]	Flujo de caja acumulado [€]
0						-84.605,99
1	152.066,79	55.141,59	13.850,87	2.205,66	16.056,53	-68.549,46
2	151.779,80	54.601,11	14.239,20	2.249,57	16.488,77	-52.060,69
3	151.491,27	54.065,50	14.638,21	2.294,32	16.932,54	-35.128,15
4	151.201,22	53.534,46	15.048,19	2.339,94	17.388,13	-17.740,02
5	150.909,36	53.008,91	15.469,40	2.386,48	17.855,88	115,86
6	150.616,55	52.486,81	15.902,23	2.433,86	18.336,90	18.452,76
7	150.322,81	51.969,17	16.346,99	2.482,16	18.829,15	37.281,91
8	150.027,50	51.457,70	16.803,94	2.531,43	19.335,37	56.617,28
9	149.730,23	50.949,67	17.273,36	2.581,66	19.855,20	76.472,48
10	149.432,36	50.445,61	17.755,74	2.632,80	20.388,54	96.861,02
11	149.133,91	49.947,40	18.251,44	2.684,99	20.936,42	117.797,44
12	148.832,74	49.452,98	18.760,54	2.738,18	21.498,72	139.296,16
13	148.530,51	48.963,67	19.283,61	2.792,42	22.076,30	161.372,46
14	148.227,60	48.477,32	19.821,90	2.847,62	22.668,71	184.041,17
15	147.924,48	47.994,30	20.373,43	2.903,83	23.277,26	207.318,43
16	147.621,21	47.514,95	20.941,50	2.961,07	23.902,12	231.220,55
17	147.317,28	47.039,45	21.524,28	3.019,38	24.543,66	255.764,21
18	147.012,11	46.569,59	22.123,47	3.078,90	25.202,36	280.966,57
19	146.704,93	46.103,50	22.738,90	3.139,49	25.878,40	306.844,97
20	146.397,76	45.639,59	23.371,35	3.201,17	26.572,52	333.417,49
21	146.090,17	45.179,97	24.021,20	3.264,00	27.285,20	360.702,69
22	145.781,56	44.724,44	24.688,83	3.328,30	28.016,85	388.719,54
23	145.472,24	44.272,49	25.374,75	3.393,23	28.767,98	417.487,52
24	145.162,96	43.824,50	26.079,62	3.459,62	29.539,24	447.026,76
25	144.853,37	43.378,36	26.803,88	3.527,17	30.331,50	477.358,26

Como se puede observar, el retorno de la inversión se consigue en el quinto año de la instalación, lo que dejaría a la empresa un beneficio adicional al actual durante 20 años gracias al ahorro en la energía consumida.

1.9. Descripción de la instalación

1.9.1. Condiciones de partida

Antes de comenzar con la descripción de las distintas partes de la instalación, conviene aclarar cuáles son las limitaciones técnicas y las condiciones impuestas por el promotor, de forma que quede claro el porqué de algunas decisiones. Estas son:

- El promotor indica que los módulos fotovoltaicos no pueden ser vistos desde la fachada principal. Por tanto, existen ciertas cubiertas que, a pesar de tener una buena orientación y ser técnicamente una buena opción para la instalación de módulos, no es posible utilizarlas.
- Debido a que el mecanismo simplificado de compensación de excedentes es para instalaciones con una potencia nominal instalada igual o menor de 100 kW, este será nuestro límite superior de potencia.
- Aunque existen diferentes soluciones técnicas para fijar la estructura a la cubierta, el promotor del proyecto indica que la estructura deberá ir anclada a las correas de la nave y no al propio panel de chapa de la cubierta.

1.9.2. Generador fotovoltaico

El generador fotovoltaico de la instalación que se va a realizar estará compuesto de 301 paneles fotovoltaicos, como se ha indicado en los puntos anteriores. Se instalarán módulos de la marca JA Solar, modelo JA Solar 455W JAM72S20-460/MR. JA Solar es un fabricante de módulos fotovoltaicos de alto rendimiento y que se encuentra entre los tres primeros por volumen de producción.

Las principales características de este módulo son:

- Su potencia pico es 460 W
- Están fabricados con células de silicio monocristalino, lo que les permite tener un mayor rendimiento
- Utilizan la tecnología PERC (passive emitter rear cell). Esta tecnología consiste en colocar una capa dieléctrica en las capas más bajas de la célula fotovoltaica a fin de reflejar la radiación más penetrante. De esta forma se aumenta la energía convertida por la célula en corriente eléctrica y a la vez disminuye la temperatura de la célula.
- Utilizan la configuración de media-célula. Dicho de otra forma, el módulo está dividido en dos mitades. Las ventajas de esta configuración son una mayor producción, una reducción de los efectos de las sombras, menor riesgo de puntos calientes en el módulo y mayor tolerancia a la temperatura y a las cargas mecánicas.
- Las células cuentan con múltiples buses de recolección de la corriente, lo que permite mitigar el impacto de posible microgrietas o erosión de los electrodos de la célula en el rendimiento del módulo.

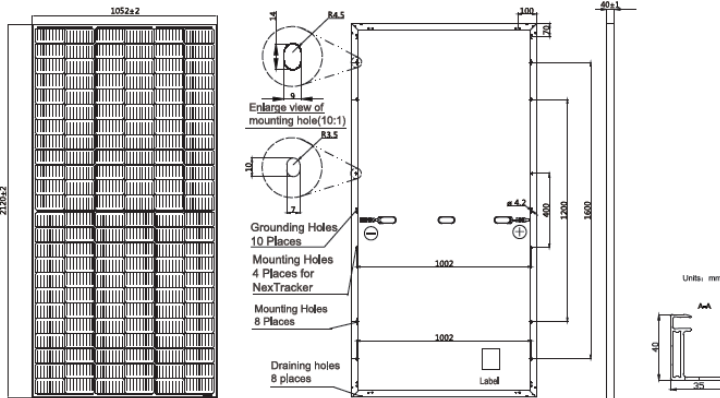
Además, estos módulos cuentan con la homologación de TÜV Rheinland (IEC 61215, IEC 61730) y con marcado CE.

Todo lo anterior queda recogido en la siguiente figura:.



JAM72S20 440-465/MR Series

MECHANICAL DIAGRAMS



Remark: customized frame color and cable length available upon request

SPECIFICATIONS

Cell	Mono
Weight	25.0kg±3%
Dimensions	2120±2mm×1052±2mm×40±1mm
Cable Cross Section Size	4mm ² (IEC) , 12 AWG(UL)
No. of cells	144 (6×24)
Junction Box	IP68, 3 diodes
Connector	QC 4.10(1000V) QC 4.10-35(1500V)
Cable Length (Including Connector)	Portrait: 300mm(+)/400mm(-); Landscape: 1200mm(+)/1200mm(-)
Packaging Configuration	27pcs/pallet 594pcs/40ft Container

ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

TYPE	JAM72S20 -440/MR	JAM72S20 -445/MR	JAM72S20 -450/MR	JAM72S20 -455/MR	JAM72S20 -460/MR	JAM72S20 -465/MR
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	440	445	450	455	460	465
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	49.40	49.56	49.70	49.85	50.01	50.15
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	40.90	41.21	41.52	41.82	42.13	42.43
Short Circuit Current(Isc) [A]	11.28	11.32	11.36	11.41	11.45	11.49
Maximum Power Current(Imp) [A]	10.76	10.80	10.84	10.88	10.92	10.96
Module Efficiency [%]	19.7	20.0	20.2	20.4	20.6	20.8
Power Tolerance	0~+5W					
Temperature Coefficient of Isc(α _{Isc})	+0.044%/°C					
Temperature Coefficient of Voc(β _{Voc})	-0.272%/°C					
Temperature Coefficient of Pmax(γ _{Pmp})	-0.350%/°C					
STC	Irradiance 1000W/m ² , cell temperature 25°C, AM1.5G					

Remark: Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer.They only serve for comparison among different module types.

Figura 1-15: Datos de los módulos que componen el generador fotovoltaico

La conexión entre módulos se hará a través conectores tipo MC4, que vienen instalados en los propios módulos de fábrica y que aseguran estanqueidad en las conexiones.

Finalmente, el generador fotovoltaico será fijado a la cubierta de forma coplanar mediante una estructura metálica, siguiendo la inclinación, que oscila entre los 5 y los 15°, y las orientaciones de estas.

El número total de módulos a instalar asciende a 301, alcanzando una potencia pico instalada de 138,5 Wp.

1.9.3. Estructura soporte

La estructura que soporta los módulos fotovoltaicos y los fija a la cubierta de la nave es una estructura de aluminio específicamente diseñada para este propósito por el fabricante K2 Systems. Cada fila de módulos estará soportada por dos perfiles

La estructura está compuesta por una serie de piezas que se analizarán según el propio orden de montaje.

En primer lugar, la fijación de la estructura coplanar a la cubierta se hará mediante un perno que conectará con las correas de nave. Este perno será una varilla roscada de métrica 10 de acero inoxidable. Se instalará un perno en cada correa que quede bajo los módulos, estando estas separadas una distancia de 1,65m entre ellas.

Sobre este perno, se coloca una pletina donde posteriormente se fijará el perfil de aluminio sobre el que descansan los módulos. Antes de colocar la pletina a fin de asegurar la estanqueidad del tejado, sobre el perno se coloca una junta de EPDM fijada mediante una tuerca contra el tejado. Después, para fijar la pletina a la varilla se usarán tuercas de seguridad y a su vez, para fijar los perfiles de aluminio a la pletina de apoyo, se utilizarán tornillos de cabeza T o martillo junto con tuercas de seguridad. De esta forma se puede hacer una línea con perfiles de aluminio de la longitud deseada. Finalmente, los módulos quedarán fijados a la estructura de aluminio mediante unas grapas especialmente diseñadas para este propósito. Un esquema de montaje descrito

anteriormente se puede observar en la siguiente imagen.



Figura 1-1-16: Esquema del montaje de la estructura

Los perfiles de aluminio que se utilizarán son el modelo Solid Rail Light 37, fabricado con la aleación EN AW-6063 T66, la cual está hecha para resistir las inclemencias climatológicas y posee un alto límite elástico. Por tienen una larga duración y un menor mantenimiento. Los datos técnicos tanto de la guía de aluminio como de los tornillos y tuercas se muestran en las siguientes imágenes.

Datos técnicos

SolidRail	XS	Ultra-Light 32	Light 37	Medium 42	Alpin 60
Ilustración					
Material	Aluminium (EN AW-6063 T66)				
An = anchura [mm]	39	39	39	41	41
Al = altura [mm]	30,5	32	37	42	60
Longitudes [m]	3,25	1,15/2,10/3,25/4,30/5,40	4,30/5,40	4,30/5,40	5,40
Peso [kg/m]	0,56	0,7	0,85	1,3	1,7
Unión en cruz con	SingleRail y SolidRail				

Figura 1-17: Datos de la guía utilizada en la estructura

Tornillos de cabeza t y tuercas de seguridad

Tornillos de cabeza de martillo para insertar en la cámara inferior de las guías K2 SolidRail.
 Forma de cabezal: 28/15; dimensiones de cabezal: 22,5 x 10,5 x 4mm
 Material: Acero inoxidable A2 1.4301

Tipo	Número de art.
M10x20	1000637
M10x30	1000041
M8x20/30	1000614/1000368



El engranaje de bloqueo (similar a ISO 4161) evita que se suelte accidentalmente.

Material: Acero inoxidable A2

Tipo	Número de art.
M8	1000043
M10	1000042



Figura 1-18: Datos de la tornillería utilizada en la estructura

Toda la estructura cumple con la normativa básica de le edificación (NBE-AE-88) y dimensionado.

1.9.4. Sombras y distancias entre módulos

Debido a que los módulos fotovoltaicos se van a instalar de forma coplanar, no existen sombras entre ellos, por lo que la separación entre ellos será mínima, siempre que las circunstancias del tejado lo permitan.

1.9.5. Inversores

El inversor es dispositivo central de la instalación, encargado de recoger la corriente continua del generador fotovoltaico y convertirlo en corriente continua con las mismas características de la red interior a la cual se conectará. En nuestro caso, se trata de una red trifásica de 400V y 50Hz.

En lugar de instalar un único inversor de 100 kW de potencia nominal, se van a instalar 2 inversores, uno de 60 kW y otro de 36kW, pero que puede llegar a alcanzar los 40 kW. Ambos inversores serán del fabricante Huawei, modelos SUN2000-60KTL-M0 Y SUN2000-36KTL para el de 60 kW y 36 kW respectivamente. Huawei es líder mundial en el mercado de inversores, manteniendo el primer puesto como fabricante en ventas globales entre 2015 y 2019.

Respecto a los inversores elegidos, cabe destacar que estos dispone de múltiples entradas en la parte de continua o seguidores del punto de máxima potencia o MPPTs por sus siglas en inglés. Esto hecho ayuda a reducir las pérdidas por sombras, distintas orientaciones o mismatch entre paneles. Además, aporta un plus a la hora del montaje, ya que ahorra tener que colocar cajas de conexiones en la parte de corriente continua para hacer el paralelo entre las distintas ramas de módulos. Otro valor que aporta es que, ante un posible fallo en algún módulo o punto de conexión, al tener ramas conectadas al inversor de forma independiente, es más fácil identificar donde se ha producido.

Ambos inversores cuentan con el marcado europeo CE ya que cumplen con las siguientes normativas:

- Directiva de Baja Tensión 2006/95/CE: ya que cumple las partes aplicables a los inversores de la norma EN 50.178: Equipo electrónico para uso en instalaciones de potencia.
- Directiva de Compatibilidad Electromagnética 2004/108/CE: ya que cumple las partes que le son aplicables de las normas armonizadas:
 - EN 61.000 - 6 - 2: Compatibilidad Electromagnética. Parte 6-2: Normas genéricas – Inmunidad para entornos industriales.
 - EN 61.000 - 6 - 4: Compatibilidad Electromagnética. Parte 6-3: Normas genéricas – Emisión para entornos industriales

Estos inversores son del tipo sin aislamiento galvánico Este aislamiento es capaz de separar dos circuitos sin que haya contacto entre ellos y a su vez traspasar la energía de uno a otro. Esto lo consigue, gracias a un transformador. En un inversor, uno de sus cometidos es aislar el circuito de corriente continua del circuito de corriente altera. En nuestro caso, al carecer nuestros inversores de aislamiento galvánico, esto lo deben lograr por otro medio. Sin embargo, el no disponer de un transformador, hace que estos sean mucho más ligeros y eficientes (en nuestro caso alcanza una eficiencia europea del 98,4%). Además, estos modelos también cuentan con los certificados necesarios para que, sin necesidad de añadir protecciones eléctricas adicionales, la compañía distribuidora acepte las ya existentes en el propio inversor. Estas son (se pueden ver en la ficha técnica en el anexo):

- Anti-isla con desconexión automática al perder la referencia de la red
- Protección contra sobrecorriente de CA
- Protección contra sobretensión CA Tipo II
- Protección contra sobretensión CC Tipo II
- Protección contra polarizaciones inversas CC
- Fallos de aislamiento CC.

Para un correcto montaje, los inversores deben tener una conexión al embarrado de tierra de CGBT.

Por otra parte, en lo que respecta a su aislamiento frente a las condiciones climáticas, los inversores cuentan con un nivel IP65, es decir, son aptos para su instalación en el exterior soportando hasta 60°C. Sin embargo, esta temperatura no se va a alcanzar en una sala como en la que se instalarán los inversores

Finalmente, en lo que respecta al código de red, los inversores están preparados para las normas nacionales:

- RD 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- RD1699 /2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.
- P.O.12.3, Requisitos de respuesta frente a huecos de tensión de las instalaciones eólicas

- RD 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.

Así como las normas y certificados internacionales:

- IEC 61727 Sistemas Fotovoltaicos (FV). Características de la interfaz de conexión a la red eléctrica
- CEI 0-21:2019-04 "Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica"
- CEI 0-21:2019-04 "Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica"
- UNE-EN 62109-1:2011, Seguridad de los convertidores de potencia utilizados en sistemas de potencia fotovoltaicos. Parte 1: Requisitos generales.
- UNE-EN 62109-2:2013, Seguridad de los convertidores de potencia utilizados en sistemas de potencia fotovoltaicos. Parte 2: Requisitos particulares para inversores.
- IEC 62109-1/-2, idénticos a UNE-EN 62109-1/-2
- EN 50530:2011/A1:2013, Rendimiento global de los inversores fotovoltaicos conectados a la red.
- IEC 62116, nversores fotovoltaicos conectados a la red de las compañías eléctricas. Procedimiento de ensayo para las medidas de prevención de formación de islas en la red.
- IEC 60068, Ensayos ambientales. Parte 2-5: Ensayos. Ensayo Sa: Radiación solar simulada a nivel del suelo y guía para ensayos de radiación solar. (Ratificada por la Asociación Española de Normalización en junio de 2018.)
- IEC 61823, Electrical installations for lighting and beaconing of aerodromes - AGL series transformers

La distorsión de armónicos total (THD) es inferior al 3% con capacidad de regulación de reactiva de 0,8 reactivo a 0,8 capacitivo.

1.9.6. Cableado y canalizaciones

El cableado de la instalación tiene varios tramos, pero los dos más claros son el tramo de corriente continua, que va desde el generador solar hasta el inversor, y el tramo de corriente alterna, desde el inversor hasta el punto de conexión a la red.

Tramo de Corriente continua

Desde la conexión de los módulos, el cable irá fijado a la propia estructura de los módulos en un primer lugar. Después irán por bandeja en el tramo que discurre por encima de la cubierta para después meterse en un tubo de PVC para llegar a los inversores.

Para elegir el cable adecuado, se ha seguido lo indicado en la especificación AENOR EA 0038 y en el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red del IDAE.

En la primera de ellas se especifica que el cableado que se utilice para hacer la conexión entre módulos fotovoltaicos e inversor debe reunir una serie de características:

- Deben ser cables diseñados para condiciones severas y de larga duración (mayor a 25 años).
- Adecuados para equipos de aislamiento clase II,
- Resistentes a temperaturas extremas (-40 a 90°C) y a la intemperie
- Diseñados para una temperatura máxima del conductor de 120°C
- Deben ser de alta seguridad (AS), es decir, no propagadores de llama, ni fuego y de baja emisión de humos y gases corrosivos
- La tensión asignada del cable será 1,5 kV DC
- El conductor debe ser de cobre y debe tener una sección tal que evite sobrecalentamientos del cable, así como una caída de tensión mayor al 1,5% en cualquier condición de trabajo en cualquier punto de la instalación.
- Además, según se indica en la norma UNE 21.027, parte 1, apartados 3.2., 3.3. y 3.4., los cables deben indicar claramente en su cubierta mediante grabado cual es el fabricante o marca comercial, la designación del cable, la sección, la tensión asignada y las dos últimas cifras del año de fabricación.

Los cables que serán utilizados tendrán designación técnica ZZ-F(AS) 1,5 kV y serán del fabricante GENERAL CABLE o de otro similar. Estos conductores están caracterizados por:

- Conductor de cobre estañado clase 5 para servicio móvil (-F).
- Aislamiento de elastómero termoestable libre de halógenos (Z)
- Cubierta de elastómero termoestable libre de halógenos (Z)
- Cumplen la norma: AENOR EA 0038; TÜV 2 Pfg 1169/08.2007
- La sección utilizada será la que se calcule en la memoria de cálculos.
- Polo positivo tendrá cable de color rojo
- El polo negativo tendrá cable de color negro
- La protección de puesta a tierra tendrá color verde-amarillo

Tramo de Corriente alterna

El tramo de corriente alterna a su vez tiene dos tramos, desde la salida del inversor hasta un cuadro secundario donde irán las protecciones del inversor, y otro tramo desde este cuadro al Cuadro General de Baja Tensión existente en la sala eléctrica.

Se seguirá lo indicado en la ITC-BT-19,20 y 28 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión para definir el cableado. Las principales características que debe reunir el cable extraídas de las ITC anteriores son:

- La caída de tensión máxima entre el generador y el punto de interconexión a la Red de Distribución Pública o a la Instalación Interior no debe ser superior al 1,5% para la intensidad nominal.
- Los cables serán diseñados para resistir temperaturas extremas (entre -40 y 90°C). Estos serán de alta seguridad (AS), que como se dijo en el punto anterior, quiere decir que no propagaran llama, ni fuego y que tienen una baja emisión de humos y gases corrosivos.

Se utilizarán cables designados técnicamente como RZ1-K(AS) 0,6/1 kV del fabricante

GENERAL CABLE u otro similar y que cuenta con las siguientes características:

- Conductor de cobre flexible clase 5 para servicio fijo (-K)
- Aislamiento de polietileno reticulado XLPE
- Cubierta exterior de poliolefina termoplástica libre de halógenos
- Normas: UNE 21.123-4; IEC 60.502-1
- La sección empleada será tal que permita el paso de la corriente máxima, aplicando los debidos coeficientes que deban aplicarse por la instalación y mayoradas un 25%. Esta se indica en la memoria de cálculos

Las canalizaciones de los cables de alterna se realizarán por bandeja metálica anclada a la pared

1.9.7. Puesta a tierra

La puesta a tierra de cualquier instalación tiene como objeto el proteger a las personas y a la propia instalación.

- de contactos directos: estos se producen cuando hay un contacto con un elemento que siempre está en tensión. Este peligro no debería existir para el usuario final
- de contactos indirectos: estos se producen cuando hay un contacto con una masa que no debería estar en tensión pero que por algún motivo lo está. La red de tierra evita que esto que estás masas adquieran potencial.
- Protege a la instalación, permitiendo la correcta actuación de los dispositivos que protegen ante sobretensiones o sobreintensidades.

En nuestro caso, para proteger a las personas de estos riesgos se pondrán a tierra las partes metálicas de nuestra instalación. En el caso del generador fotovoltaico se realizará en esquema “flotante”, es decir, por una parte, discurrirá la red de corriente continua y por otra red aislada de la primera, se conectarán todas las masas metálicas del sistema y los dispositivos de protección frente a sobretensiones. De igual forma, las masas metálicas de la parte de corriente alterna, así como la red generada por los inversores estarán conectados a la red de tierra que está disponible en el CGBT.

Los conductores de la puesta a tierra irán por las mismas canalizaciones, tanto para la parte de continua como para la parte de alterna. Las secciones de los conductores quedan reflejadas en la memoria de cálculos y se hará conforme a la ITC-BT-18 y la norma UNE 20.460-5-54.

1.9.8. Cuadro eléctrico y aparamenta de maniobra y protección

En la instalación existe un cuarto eléctrico donde se ubica el CGBT. En este mismo cuarto es donde se instalarán los inversores, así como un nuevo cuadro secundario donde se colocarán los interruptores de caja moldeada que gobiernan cada uno de los inversores, un interruptor de 100 A para el inversor de 60 kW y otro interruptor de 63 para el inversor de 36 kW.

De este cuadro sale una línea hasta el CGBT donde se conectará la instalación fotovoltaica. En este se colocará otro interruptor de caja moldeada de 160 A, que dará servicio a la instalación fotovoltaica. Además, este interruptor dispondrá de un relé electrónico con un transformador toroidal, de forma que, ante una derivación a tierra, ordene el disparo del interruptor, quedando así protegida la instalación con una protección diferencial.

Todos los cuadros y sus partes metálicas se conectarán a la red de tierra, a fin de proteger ante contactos indirectos.

El punto de conexión de la fotovoltaica también se podría haber hecho en un centro de transformación propiedad de la empresa, donde llega el suministro en media tensión. La salida de este centro está conectada con el CGBT mediante una línea de 240mm² con dos conductores por sección. El hecho de que se decidió hacer la conexión de la fotovoltaica en el CGBT y no en el centro de transformación radica en que, de esta forma, la inyección se hace en un punto muy próximo a donde se produce el consumo, evitando pérdidas que se puedan producir en la línea.

1.9.9. Protecciones

Contra contactos directos

Para lograr proteger a las personas de los contactos directos con las partes de la instalación puestas en tensión, se usarán medidas de protección colectiva, además de una serie de protecciones adicionales, tanto para la parte de corriente continua como para la parte de corriente alterna.

Las principales medidas colectivas son:

- Puesta de las partes en tensión en zonas de difícil acceso o alejadas de los pasos comunes
- Interposición de obstáculos, barreras o envolventes
- Recubrimiento de las partes activas con material aislante

Para la parte de corriente continua, no se dispondrá de ningún dispositivo de corte por corriente diferencial residual. Por tanto, el inversor instalado dispondrá de un control de la resistencia de aislamiento de la instalación.

En los generadores con esquema flotante, como el nuestro se tiene que:

$$R_t \cdot I_d \leq UL$$

Donde:

R_t → Resistencia de la toma de tierra de las masas

I_d → intensidad de defecto

UL → Tensión límite convencional de seguridad en emplazamientos mojados (60VDC)

Por tanto, para limitar la intensidad de defecto, se debe mantener una alta resistencia de aislamiento, como norma general unas 10 veces el valor de la tensión en circuito abierto del generador. En el caso de que esta resistencia de aislamiento disminuye por debajo de este valor el inversor se desconectará y disparará una alarma hasta que el problema se haya solucionado.

En la parte de corriente alterna, se instalará una protección diferencial que sea capaz de medir las corrientes residuales. Esta protección accionará el disparo del interruptor de salida del inversor, cortando la salida de corriente alterna cuando la corriente residual supere los 300 mA.

Contra contactos indirectos

Para la parte de corriente continua, la protección contra contactos indirectos es la misma que para contactos directos, es decir, el propio inversor se desconectará cuando disminuya la resistencia de aislamiento.

En la parte de corriente alterna igualmente se utilizará el mismo dispositivo que frente a contactos directos, una protección que mida corrientes residuales diferenciales por encima de los 300 mA, de forma que corte el

interruptor de salida de corriente alterna del inversor para las intensidades que pasen dicho valor.

La resistencia de puesta a tierra se puede calcular como sigue:

$$R_t \cdot I_d \leq UL$$

Si tenemos que la tensión límite convencional de seguridad en emplazamientos exteriores en corriente alterna, $UL = 24VAC$ y $I_d = 0,3 mA$

$$R_t \leq \frac{UL}{I_d} = \frac{24}{0,3} = 80\Omega$$

Sin embargo, en la Guía BT-26 referente al REBT, se hacen una serie de recomendaciones, entre ellas indica que para edificios sin pararrayos (como nuestro caso) la resistencia de puesta a tierra tendría que valer $R_t \leq 37\Omega$. Esta recomendación está siendo exigida por el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo

Frente a sobretensiones

Las sobretensiones pueden venir tanto desde la parte de corriente alterna, debido a sobretensiones en la red como de la parte de continua, por ejemplo, debido a la caída de un rayo. Frente a ellas, tenemos dos protecciones:

- Por una parte, el inversor consta de una protección frente a sobretensiones permanentes de la línea de corriente alterna, de forma que si está sobrepasa cierto valor, el inversor se desconecta. Cuando el valor de la tensión de la línea vuelve a valores normales, el inversor se reconecta automáticamente
- Por otra parte, se creará una red equipotencial con todas las masas y las tierras de la instalación, utilizando un único electrodo de puesta a tierra para ello. Con ello se evita que, ante la caída de un rayo, aparezcan elementos con distinto potencial entre ellos.

Frente a sobreintensidades

De la parte de corriente continua, el inversor incorpora fusibles electrónicos, de forma que se desconecta automáticamente ante esta falla.

En la parte de corriente alterna, se instalará su correspondiente interruptor automático que se disparará en estos casos. Por otra parte, el dispositivo diferencial será de alta inmunidad, para evitar disparos intempestivos.

De la interconexión

La conexión de la salida de corriente alterna del inversor a la red deberá cumplir una serie de requisitos. Estos son:

- No deberá provocar ningún tipo de avería, alteraciones superiores a las admitidas por normativa ni disminución de las condiciones de seguridad
- No debe ser origen de condiciones peligrosas para el personal de mantenimiento de la red de distribución
- En los casos en que la red de distribución se desconecte por algún motivo, ya sea desconexión por mantenimiento de la línea o desconexión por la actuación de alguna protección propia de la línea, el inversor no debe de mantener la tensión en dicha línea de distribución
- Desde el circuito de generación hasta el circuito de medida, no debe intercalarse ningún otro elemento de generación salvo el de la instalación autorizada
- La variación de tensión que provoca la conexión o desconexión de la instalación fotovoltaica no debe en ningún caso, ser mayor al 2,5% de la tensión nominal
- Respecto al factor de potencia siempre debe ser superior a 0,98 cuando la instalación trabaje por encima del 25% de su potencia nominal y será lo más próximo a la unidad posible.

Los inversores escogidos cumplen con todo lo anterior.

Conductores de protección

Cuando hablamos de conductores de protección, nos referimos a aquellos que unen todas las masas del sistema. Estos ya han sido explicados anteriormente en el punto 1.9.6. y la sección de ellos queda reflejada en la posterior Memoria de cálculos en el punto 2.3.4.

1.9.10. Sistema de monitorización

El sistema de monitorización es un valor extra que aporta el fabricante de los inversores, Huawei, que permite

ver en tiempo real una gran cantidad de información relativa a la planta, tanto a nivel de rendimiento como para establecer alarmas que avisen ante posibles fallos de esta.

La monitorización se lleva a cabo gracias a un dispositivo del fabricante Huawei llamado SMART LOGGER 3000A y la plataforma FusionSolar de Huawei. El SMART LOGGER es un dispositivo que centraliza la comunicación de los inversores, sensores y equipos de medida y transmite los datos a la plataforma FusionSolar.

Este sistema de monitorización permite visualizar entre otros datos el consumo instantáneo e histórico de la planta, los ratios de autoconsumo y de autosuficiencia. También permite visualizar las alarmas y avisos relativos a la instalación, así como los valores de diversos parámetros de interés como puede ser la tensión de red, la tensión de las cadenas de módulos o la potencia generada por cada cadena.

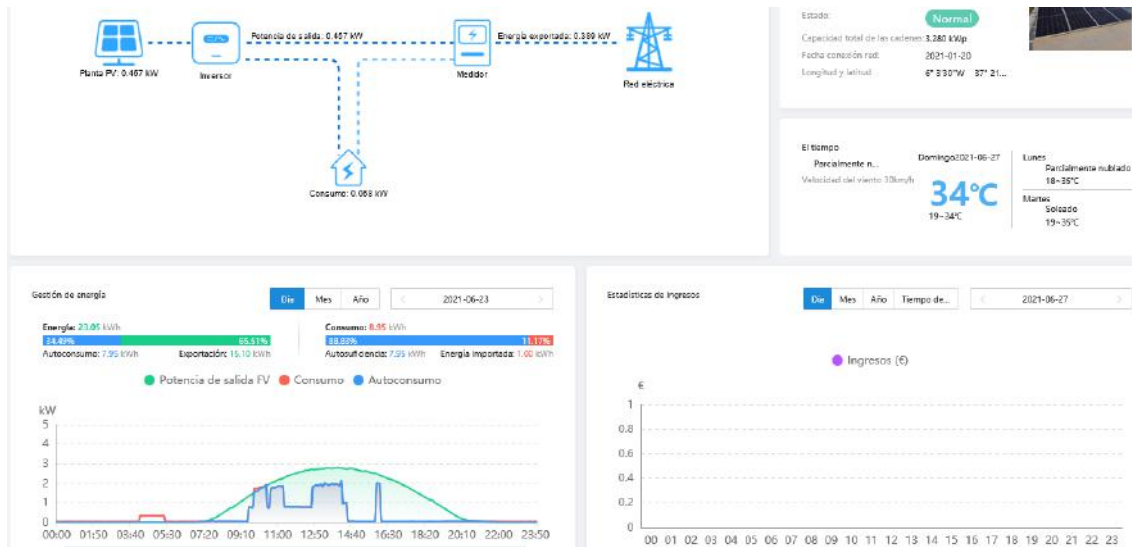


Figura 1-19: Ejemplo del sistema de monitorización

2 MEMORIA DE CÁLCULOS

2.1 Diseño Mecánico

En esta sección se comprobará que las cubiertas elegidas para la instalación son capaces de soportar la carga extra que se le añade, por una parte, debida al propio peso de la estructura y de los módulos fotovoltaicos, y, por otra parte, debida a las cargas de viento que están puedan generar

2.1.1 Análisis de la cubierta

Según se recoge en el Código Técnico de la Edificación, en el Documento Básico SE-AE Seguridad Estructural, Acciones en la Edificación en su apartado 3.1 Sobrecargas de uso, tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso, el máximo valor que puede soportar una cubierta inclinada es de 1kN/m², es decir, 100kg/m².

Tabla 2-1: Valores característicos de las sobrecargas

Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m ²]	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 ⁽¹⁾
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente ⁽²⁾			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación ⁽³⁾	G1 ⁽⁷⁾	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 ⁽⁴⁾⁽⁸⁾	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) ⁽⁵⁾	0,4 ⁽⁴⁾	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

En nuestro caso, vamos a instalar 301 paneles de la marca JA Solar, modelo JAM72S10-460/MR, los cuales tiene un peso de 25kg por panel. Por otra parte, tenemos el peso de la estructura. Las guías tienen un peso de 0,84 kg/m y a cada panel le corresponden 2m de guía. Por tanto, mayorando, hay que sumar un peso extra de 2 kg por panel.

Los módulos fotovoltaicos se van a repartir en 5 cubiertas. En la siguiente tabla se puede apreciar el reparto de los módulos en cada cubierta y cómo éstas son capaces de soportar la carga que supone el peso de la instalación.

Tabla 2-2: Reparto de los paneles en las distintas cubiertas

Cubierta	Área [m ²]	Capacidad portante [kg]	N.º paneles	Peso paneles [kg]	Peso estructura [kg]	Peso total [kg]
1	586	58600	136	3400	272	3672
2	586	58600	24	600	48	648
3	602	60200	65	1625	130	1755
4	240	24000	16	400	32	432
5	372	37200	60	1500	120	1620

Por tanto, se concluye que la cubierta soporta la sobrecarga debida al peso de la instalación.

2.1.2 Cálculo de cargas de viento

En el Documento Básico SE-AE Seguridad Estructural, Acciones en la Edificación del Código Técnico de la edificación también se recoge como se deben calcular las cargas producidas por la acción del viento. Sin embargo, en nuestro caso se trata de una estructura coplanar a la cubierta, por lo que la instalación no modifica las cargas de viento, siendo éstas iguales a las que se tuvieron en cuenta en el diseño de la nave.

Por tanto, se concluye que la cubierta soporta las cargas de viento.

2.2 Diseño Eléctrico

2.2.1 Generador Fotovoltaico

Para el diseño del generador fotovoltaico se han tenido en cuenta los siguientes criterios y condiciones y limitaciones técnicas:

- Según el Real Decreto 244/2019 para que una instalación de autoconsumo se pueda coger al mecanismo de compensación simplificada de excedentes el tamaño de esta debe ser inferior o igual a 100kW.
- Por razones estéticas, el cliente no quiere que los módulos fotovoltaicos sean visibles desde la vía pública ni desde su patio de eventos. Por lo tanto, la instalación de módulos en algunas cubiertas no es posible
- El criterio seguido es buscar el menor coste energético o el de mayor rentabilidad. Eso lleva aparejado un menor plazo de amortización.

Para este análisis, se tendrán en cuenta los datos de consumo de 2019, ya que debido a la pandemia generada por el COVID-19, el año 2020 no es un año representativo de la actividad de la empresa. El consumo total de esta asciende a 362,71MWh. En las siguientes gráficas se puede apreciar cómo se reparte el consumo tanto a lo largo del día como a lo largo de los meses.

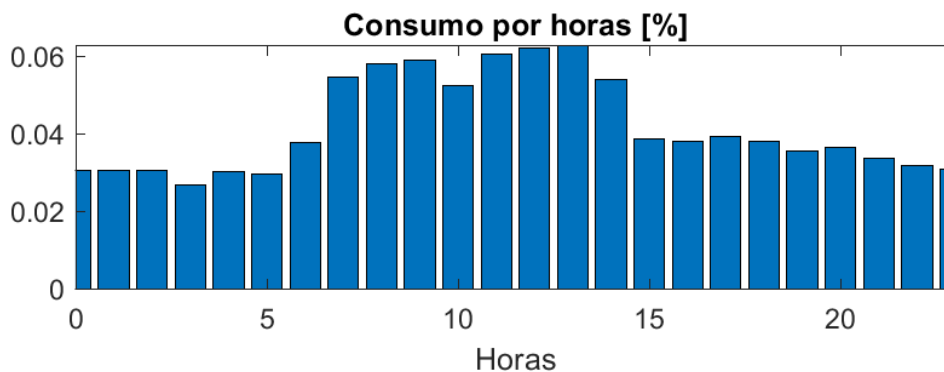


Figura 2-1: Consumo medio a lo largo de un día de la empresa

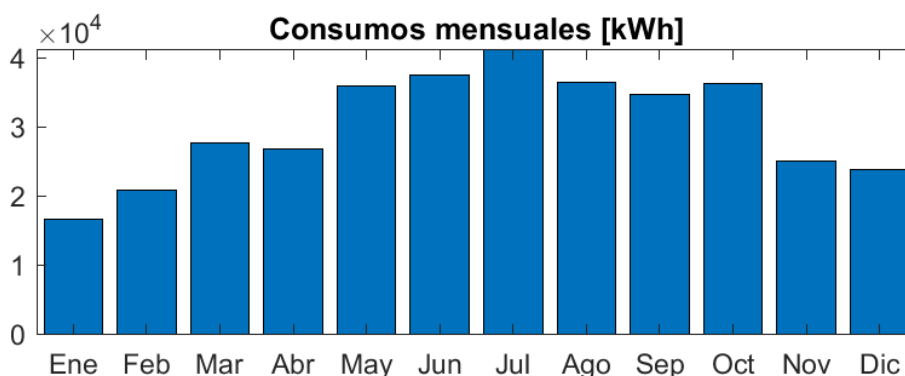


Figura 2-2: Consumo medio a lo largo del año 2019 de la empresa

Teniendo en cuenta el consumo horario a lo largo del año y haciendo una simulación de la generación del generador fotovoltaico, se puede calcular el porcentaje de autoconsumo (la parte de la energía generada y que es consumida en la propia empresa) y la cuota autárquica de la instalación (porcentaje del consumo que proviene de planta fotovoltaica).

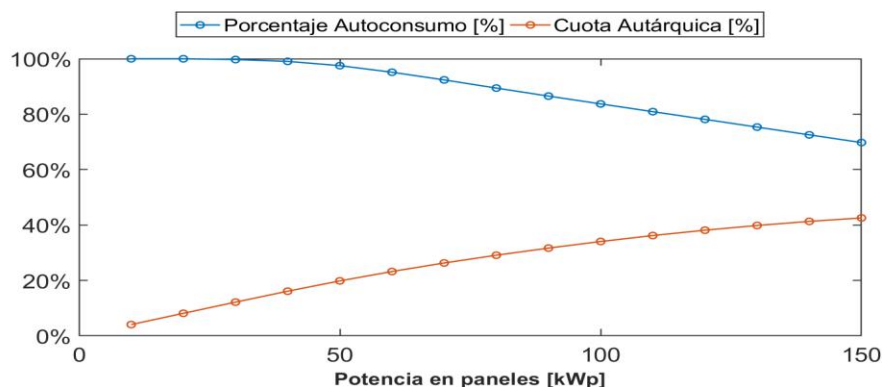


Figura 2-3: Relación del porcentaje de autoconsumo y de la cuota autárquica con la potencia instalada

Con todo lo anterior podemos concluir que el tamaño óptimo del generador fotovoltaico es de 138,5kWp.

Si se analiza este dato, a priori puede parecer que el sobredimensionamiento es muy alto. Sin embargo, los paneles fotovoltaicos estarán instalados en múltiples orientaciones (para la que se usarán inversores con múltiples MPPTs), por lo que como se puede ver en el cálculo de la generación, las pérdidas por saturación del inversor son bajas y admisibles.

Para conseguir alcanzar dicha potencia, se usarán módulos solares fotovoltaicos de 460 Wp de potencia. Los módulos más comunes en el mercado tienen una potencia que oscila alrededor de los 400 Wp. Sin embargo, estos módulos tienen una superficie algo mayor que los anteriores, lo que radica en un mayor rendimiento y una menor superficie ocupada por los módulos. Por consiguiente, el número de módulos necesario es:

$$N = \frac{P_{GF}}{P_m} = \frac{138500}{460} = 301,09 \approx 301 \text{ módulos}$$

2.2.2 Inversor

Para conseguir la potencia nominal de la instalación se usarán dos inversores, un primer inversor de 60 kW y otro inversor de 36 kW del cual se aprovechará su potencia máxima de 40 kW. Ambos inversores son del fabricante Huawei y los modelos utilizados son el Sun2000-60KTL-M0 y el Sun2000-36KTL. En el anexo se podrá encontrar las fichas técnicas de ambos. A efectos de cálculo, repasaremos sus principales características.

Tabla 2-3: Resumen de las principales características de los inversores

Modelo	Sun2000-60KTL-M0	Sun2000-36KTL
Potencia nominal [kW]	60	36
Potencia máxima [kVA]	66	40
Rango de tensión MPPT [V]	200-1000	200-1000
Tensión máxima CC ($V_{inv DC}$) [V]	1100	1100
Intensidad por MPPT [A]	22	22
Intensidad máxima por MPPT [A]	30	30
N.º de MPPTs	6	4
N.º de entradas	12	8

Y las características más importantes del módulo (la ficha técnica se encuentra en el anexo):

Tabla 2-4: Resumen de las principales características del módulo

Modelo	JAM72S20-460/MR
Potencia nominal [W]	460
Tensión Circuito abierto (V_{oc}) [V]	50,01
Tensión punto máx potencia (V_{mp}) [V]	42,13
Intensidad de cortocircuito (I_{sc}) [A]	11,45
Intensidad punto máx potencia (I_{mp}) [A]	10,92

En el estudio preliminar se definió el layout, indicando el número de módulos a instalar en cada cubierta para lograr el máximo aprovechamiento. Sin embargo, queda definir tanto el número módulos en serie para cada cadena o string, como el número de strings que habrá en total y como se reparten entre los inversores.

Para ello hay que tener en cuenta varios factores:

- Número máximo de módulos en serie (se debe truncar a los enteros)

$$V_{inv DC} > V_{oc} \cdot N_{serie} \Rightarrow N_{serie} \leq \frac{V_{inv DC}}{V_{oc}} = \frac{1100}{50,01} \sim 21$$

- La tensión de trabajo del string, que viene fijada por el rango de funcionamiento de los MPPTs de los inversores.

$$200 V = V_{MPPT_min} < V_{oc} \cdot N_{serie} < V_{MPPT_max} = 1000 V$$

$$N_{serie} \geq \frac{V_{MPPT.min}}{V_{oc}} = \frac{200}{50,01} \sim 4$$

$$N_{serie} \leq \frac{V_{inv DC}}{V_{oc}} = \frac{1000}{50,01} \sim 19$$

- El número de cadenas debe ser igual o menor al número de entradas de los inversores. En nuestro caso 20 entradas (12+8).
- Además, para un mejor rendimiento de la instalación, las entradas que se conectan a un mismo MPPT, deben tener el mismo número de módulos en serie, así como la misma inclinación. En nuestro caso tenemos:

Tabla 2-5: Reparto de módulos en las distintas cubiertas

	Orientación/inclinación	N.º de módulos
Cubierta 1	Oeste/15°	136
Cubierta 2	Este/15°	24
Cubierta 3-4	Sur/15°	81
Cubierta 5	Este/5°	60

- Además, se debe intentar que los módulos de cada cubierta se repartan proporcionalmente a la potencia del inversor para evitar pérdidas por saturación.

Teniendo en cuenta todo lo anterior se obtiene la siguiente tabla:

Tabla 2-6: Reparto de los strings que corresponden a cada inversor

Inversor	String	Cubierta	N.º módulos	P _{nom} [W]	V _{mp} [V]	V _{ca} [V]	Entrada	MPPT	I _{mp} [A]	I _{sc} [A]
36kW	1	1	16	7360	674,08	800,16	1	1	21,84	22,9
36kW	2	1	16	7360	674,08	800,16	2			
36kW	3	1	16	7360	674,08	800,16	3			
36kW	4	1	16	7360	674,08	800,16	4			
60kW	5	1	18	8280	758,34	900,18	1	2	21,84	22,9
60kW	6	1	18	8280	758,34	900,18	2			
60kW	7	1	18	8280	758,34	900,18	3			
60kW	8	1	18	8280	758,34	900,18	4			
36kW	9	3-4	16	7360	674,08	800,16	5	3	21,84	22,9
36kW	10	3-4	16	7360	674,08	800,16	6			
36kW	11	2	12	5520	505,56	600,12	7	4	21,84	22,9
36kW	12	2	12	5520	505,56	600,12	8			
60kW	13	3-4	17	7820	716,21	850,17	5	3	10,92	11,45

60kW	14	3-4	16	7360	674,08	800,16	6	4	21,84	22,9
60kW	15	3-4	16	7360	674,08	800,16	7			
60kW	16	5	15	6900	631,95	750,15	8	5	21,84	22,9
60kW	17	5	15	6900	631,95	750,15	9			
60kW	18	5	15	6900	631,95	750,15	10	6	21,84	22,9
60kW	19	5	15	6900	631,95	750,15	11			
Total Inversor 36kW			120	55520			8	4		
Total Inversor 60kW			181	83260			11	6		
Total			301	138460			19	10		

En ella se puede analizar que, en todos los casos, se cumplen las restricciones impuestas sobre las tensiones e intensidades admisibles por los inversores. Además, se puede apreciar que los módulos de cada cubierta están repartidos entre ambos inversores.

2.2.3 Secciones de cables y canalizaciones

En este apartado se va a analizar las secciones mínimas que necesita el cableado, tanto en el tramo que va del generador fotovoltaico al inversor, parte de corriente continua (DC), como el tramo que va del inversor al punto de interconexión con la instalación existente, parte de corriente alterna (AC).

Los dos criterios a tener en cuenta para su correcto dimensionamiento son:

- El criterio de la intensidad máxima admisible.
- El criterio de máxima caída de tensión

Ambos criterios quedan recogidos en el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red del IDEA para la parte DC, en el ITC-BT-40 punto 5 y en la IEC 60.634-7-712.

Para realizar este cálculo, se debería empezar buscando la sección de cable que cumpla el criterio de intensidad máxima admisible, para después comprobar el criterio de máxima caída de tensión. En caso de que este no se cumpliera, deberíamos pasar a una sección de cable mayor y comprobar de nuevo ambos criterios.

Sin embargo, la programación de una hoja de cálculo hace que este proceso se pueda llevar a cabo mediante una simple prueba de ensayo y error, por lo que en lo sucesivo se expondrá como la sección elegida cumple ambos criterios.

2.2.3.1 Parte DC

Criterio de Máxima tensión

En el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red del IDEA se recoge que, para cualquier condición de trabajo, la sección del cable debe ser tal que la caída de tensión sea inferior a 1,5%.

La caída de tensión en un sistema de corriente continua viene dada por [6]:

$$e = 2 \cdot I \cdot L \cdot R$$

Donde:

e= caída de tensión

I=intensidad del cable (A)

L= longitud de cable (m)

R=Resistencia eléctrica por metro de cable a la temperatura T. Esta se calcula:

$$R = \frac{\rho}{S}$$

Donde:

$\rho = \rho_{20}[1 + \alpha(T - 20)]$ es la resistividad del cobre a la temperatura T

S es igual a la sección del conductor

$\rho_{20} = 0,01786 \Omega \cdot \frac{mm^2}{m}$ es la resistividad del cobre a 20°C

$\alpha = 0,00393^{\circ}C^{-1}$ coeficiente de temperatura

El cable que se utilizará es cable del tipo H1Z2Z2-K, también conocido como cable solar. La temperatura máxima es de 90°C. Por tanto, se calculará la caída de tensión para dicha temperatura, siendo está el caso más desfavorable.

En la siguiente tabla se recogen la caída de tensión

Tabla 2-7: Caída de tensión de los distintos strings

String	Sección	N.º Paneles	Longitud	Tensión	Intensidad	Potencia	Caída de tensión
1	4	16	70	674,08	11,45	7360	1,09%
2	4	16	62,5	674,08	11,45	7360	0,97%
3	4	16	55	674,08	11,45	7360	0,85%
4	4	16	51	674,08	11,45	7360	0,79%
5	4	18	45	758,34	11,45	8280	0,62%
6	4	18	41	758,34	11,45	8280	0,57%
7	4	18	35	758,34	11,45	8280	0,48%
8	4	18	30	758,34	11,45	8280	0,41%
9	4	12	30	505,56	11,45	5520	0,62%
10	4	12	25	505,56	11,45	5520	0,52%
11	4	16	17	674,08	11,45	7360	0,26%
12	4	16	22,5	674,08	11,45	7360	0,35%
13	4	17	26,8	716,21	11,45	7820	0,39%
14	4	16	32,6	674,08	11,45	7360	0,51%
15	4	16	41,9	674,08	11,45	7360	0,65%
16	4	15	43	631,95	11,45	6900	0,71%
17	4	15	50,5	631,95	11,45	6900	0,84%
18	4	15	56	631,95	11,45	6900	0,93%
19	4	15	63	631,95	11,45	6900	1,04%

Se puede apreciar que, para la sección elegida, se cumple el criterio de caída de tensión.

Criterio de intensidad máxima admisible

Para dicho criterio se tendrá en cuenta lo indicado en la IEC 60.634-7-712 que nos indica que, a su temperatura de trabajo, el cable de cada string debe soportar 1,25 veces la intensidad de cortocircuito en STC del módulo fotovoltaico. En nuestro caso, como se indica en la ficha técnica del módulo, esta intensidad ascienda a: $11,45 \cdot 1,25 = 14,31 \text{ A}$.

Según el ITC-BT-19, la intensidad admisible para cable de 4 mm^2 de sección cuando se trata de conductores aislados con XLPE en tubos en montaje superficial a una temperatura de 40°C es de 38 A.

Por tanto, se deduce que se cumple el criterio de intensidad máxima admisible.

Canalizaciones

En el podemos distinguir varios tramos:

- Un primer tramo desde la salida de los módulos hasta la recogida donde se van uniendo todos los strings. En esta parte el cableado irá atado a la propia estructura donde se colocan los módulos fotovoltaicos.
- Un segundo tramo por el que discurren todos los cables de los strings sobre la cubierta. Para ello, los cables discurrirán por bandeja metálica rejiband, separando los cables positivos de los negativos como se indica en el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red del IDEA.
- Un tercer tramo por la fachada para realizar la bajada desde la cubierta al cuarto donde se ubicarán los inversores. Esta bajada se hará mediante tubo de PVC de la sección adecuada.

2.2.3.2 Parte AC

Criterio de Máxima tensión

Para el dimensionamiento del cableado en este caso, hay que acudir a la ITC-BT-40, donde se indica que los cables de conexión deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125% de la máxima intensidad del generador y la caída de tensión entre el generador y el punto de interconexión a la Red de Distribución Pública o a la instalación interior, no será superior al 1,5%, para la intensidad nominal.

Al tratarse de un sistema trifásico, la caída de tensión viene dada por [6]:

$$e = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (R \cdot \cos\varphi + X \cdot \sin\varphi)$$

En nuestro caso, nuestros inversores van a inyectar con el factor de potencia de uno por lo que la caída de tensión quedaría:

$$e = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot R$$

Siendo I, L y R los mismos parámetros que en el caso de corriente continua.

Los tramos de cable de los que tenemos que calcular su sección, son los tramos de los inversores hasta un cuadro de protecciones secundario, y el tramo desde este cuadro hasta el cuadro general de BT. Para calcular la intensidad que circula por cada tramo, se toma la máxima intensidad de salida del inversor y se multiplica por el coeficiente 1,25 como se indica en la ITC-BT-40. Todo esto, así como su caída de tensión, viene recogido en la siguiente tabla:

Tabla 2-8: Caída de tensión de los tramos de corriente alterana

Tramo	Longitud	Sección por fase (mm^2)	I circula cable*1.25	Caída de tensión
Inv. 36kW a cuadro secundario	5	25	76	0,13%
Inv. 60kW a cuadro secundario	5	35	125	0,18%
Cuadro secundario a CGBT	5	95	201	0,15%

Criterio de intensidad máxima admisible

En el tramo que va del inversor de 36kW al cuadro secundario la intensidad de cálculo (como se recoge en la tabla 2-8) es 76 A. por lo que entrando en la tabla 1 de la ITC-BT-19, para una configuración de cable “Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes” se obtiene una sección de cable de 25 mm².

Para el tramo entre el otro inversor al cuadro secundario, con una intensidad de cálculo de 125 A se obtiene de la tabla 1 una sección de 35 mm².

Finalmente, para el tramo entre el cuadro secundario y el CGBT, con una intensidad de cálculo de 201 A y siguiendo el anterior procedimiento se obtienes una sección de cable de 95 mm².

Por tanto, se puede comprobar que cumple el criterio de intensidad máxima admisible.

Canalizaciones

En este caso, todos los cables irán por bandeja metálica anclada a la pared.

2.2.4 Cuadros y protecciones eléctricas

La nave donde se va a realizar la instalación tiene un suministro en media tensión que llega a un Centro de Transformación propiedad del promotor, situado en los límites exteriores de la parcela. La salida de corriente en baja tensión de dicho centro está gobernada por un interruptor de caja moldeada de 400 A, desde el cuál sale una línea subterránea bajo tubo con cable de cobre de 240mm² con un par de cables por fase y con un aislamiento de 0,6/1kV. Esta línea llega hasta el Cuadro General de Baja Tensión (CGBT) situado en el interior de la nave.

En dicho CGBT se instalará un nuevo interruptor automático de caja moldeada de 160 A que será el punto de frontera entre la instalación fotovoltaica y la propia instalación eléctrica de la nave. De este interruptor se instalará una nueva línea trifásica más tierra hasta un nuevo cuadro secundario que se pondrá en la misma sala eléctrica del CGBT, en el cual se ubicarán las protecciones para los inversores. El interruptor ubicado en el CGBT dispondrá de una protección diferencial mediante relé electrónico y transformador toroidal, de forma que, ante una derivación a tierra, ordenará el disparo del interruptor de caja moldeada.

Como se indica más arriba, en el cuadro secundario de protecciones se instalarán dos interruptores automáticos de caja moldeada de 63 A y 100 A que darán servicio al inversor de 36kW y de 60kW respectivamente.

La estructura de estos cuadros es metálica, así como su envolvente y puertas, por lo que se conectarán a la red de tierra.

La razón por la que se realizará la conexión de la instalación fotovoltaica al CGBT y no al centro de transformación es que, de esta forma, la corriente se inyecta a un punto más cercano al consumo, minimizando de esta forma las pérdidas que se puedan provocar en la línea.

2.2.5 Puesta a tierra

La instalación de puesta a tierra será llevada a cabo según lo dispuesto en la ITC-BT-18 y la ITC-BT-40. En la tabla 2 de la ITC-BT-18 se recoge que para secciones de cable mayores de 35mm², la sección del conductor de protección debe ser la mitad. Y para secciones comprendidas entre 16 y 35mm², esta puede ser igual o mayor a 16mm². Basándonos en lo anterior, las secciones del conductor de protección para las distintas partes de la instalación:

Tabla 2-9: Sección del conductor de cobre para los distintos tramos

Tramo	Sección
Inv. 36kW a cuadro secundario	16
Inv. 60kW a cuadro secundario	25
Cuadro secundario a CGBT	50

3 PLIEGO DE CONDICIONES

3.1 Objeto

El siguiente pliego trata de aclarar las condiciones técnicas que se deben cumplir durante toda la fase de ejecución de este proyecto, desde el inicio al final de las obras. Por tanto, se establecerán los niveles técnicos y de calidad mínimos exigibles. Igualmente, se precisará las responsabilidades de los distintos actores de la obra, desde el promotor, al contratista y a sus técnicos, así como la relación entre ellos.

El presente proyecto se refiere a una obra de nueva construcción, siendo por tanto susceptible a ser entregada al uso al cual se destina una vez finalizada la misma. Las órdenes e instrucciones de la Dirección Facultativa de las obras se incorporan al Proyecto como a interpretación, complemento o precisión de sus determinaciones. En cada documento, las especificaciones literales prevalecen sobre las gráficas y los planos, la cota prevalece sobre la medida a escala.

Cualquier cambio en el planteamiento de la Obra que implique un cambio sustancial respecto de lo proyectado deberá ponerse en conocimiento del proyectista o técnico competente para que lo apruebe, si procede, y redacte el oportuno proyecto reformado.

En caso de contradicción entre los Planos y el Pliego de Condiciones, prevalecerá lo prescrito en el primer documento. Lo mencionado en los Planos y omitido en el Pliego de Condiciones o viceversa, habrá de ser ejecutado como si estuviera expuesto en ambos documentos

3.2 Condiciones facultativas

3.2.1 Delimitación de las funciones técnicas

Técnico facultativo

El técnico facultativo es la persona que se encarga de la dirección y del control técnico de la ejecución de una obra.

Las principales funciones que le corresponden al técnico facultativo son:

- Redactar los complementos o modificaciones del proyecto que se necesiten.
- Asistir a la obra siempre que se necesite para resolver las posibles contingencias que se produzcan, así como para impartir las órdenes que se precisen para corregir éstas.
- Coordinar la intervención de otros técnicos que por puedan concurrir en la obra debido a su especialidad
- Aprobar las certificaciones parciales de la obra, la liquidación final y asesorar al promotor en el acto de recepción.
- Planificar, a la vista del proyecto, del contrato y de la normativa técnica de aplicación el control de calidad y económico de las obras.
- Redactar cuando lo requiera el estudio de los sistemas adecuados a los riesgos del trabajo en la realización de la obra y aprobar el Plan de Seguridad e Higiene para la aplicación del mismo.

- Efectuar el replanteamiento de la obra y preparar el acta correspondiente, suscribiéndola en la unión del Contratista.
- Comprobar las instalaciones provisionales, medios auxiliares y sistemas de seguridad e higiene en el trabajo, controlando su correcta ejecución.
- Ordenar y dirigir la ejecución material con arreglo al proyecto, a las normas técnicas y a las reglas de la buena construcción.
- Realizar o disponer de las pruebas o ensayos de materiales, instalaciones y demás unidades de obra según las frecuencias muestras programadas en el plan de control, así como efectuar las demás comprobaciones que resulten necesarias para asegurar la calidad constructiva de acuerdo con el proyecto y la normativa técnica aplicable. De los resultados se informará puntualmente al Contratista, impartiendo, en el correspondiente caso, las órdenes oportunas. De no resolverse la contingencia adoptará las medidas correspondientes.
- Realizar las medidas de obra ejecutada y dar conformidad, según las relaciones establecidas, a las certificaciones valoradas y a la liquidación de la obra. - Suscribirse al certificado final de la obra.

Contratista

El contratista es la persona física o jurídica que asume contractualmente ante el promotor, con medios humanos y materiales, propios o ajenos, el compromiso de ejecutar la totalidad o parte de las obras con sujeción al proyecto y al contrato. Corresponden al Contratista las siguientes funciones:

- Organizar los trabajos de construcción, redactar los planos de obras que se precisen y proyectar o autorizar las instalaciones provisionales y medios auxiliares de la obra.
- Elaborar, cuando sea necesario, el Plan de Seguridad e Higiene de la obra en aplicación del estudio correspondiente y disponer en todo caso de la ejecución de las medidas preventivas, vigilando por el cumplimiento y para la observación de la normativa vigente en materia de seguridad e higiene en el trabajo, en concordancia con las previstas en la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el trabajo aprobada por O.M. 9-371.
- Suscribirse con el Director Técnico el acta de replanteamiento de la obra.
- Ostentar la prefectura de todo el personal que intervienen en la obra y coordinar las intervenciones de los subcontratistas.
- Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales y elementos constructivos que se utilicen, comprobando los preparativos en la obra y rechazando, por iniciativa propia o por prescripción del Director Técnico, los materiales y/o suministros que no cuenten con las garantías o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación.
- Preparar las certificaciones parciales de la obra y la propuesta de liquidación final.
- Suscribirse con el Promotor las actas de recepción provisional y definitiva.
- Concertar el seguro de accidentes de trabajo y de daños a terceros durante la obra.
- Deberá de tener siempre en la obra un número proporcionado de obreros en la extensión de los trabajos.

Obligaciones y Derechos Generales del Contratista:

- Verificación de los documentos del proyecto
- Antes de iniciar las obras, el Contratista consignará por escrito que la documentación aportada le resulta suficiente para la comprensión de la totalidad de la obra contratada o, en caso contrario, solicitará las aclaraciones pertinentes. El Contratista se sujetará a las Leyes, Reglamentos y Ordenanzas vigentes, así como a las que se dicten durante la ejecución de la obra.
- Plan de seguridad e higiene: El Contratista, a la vista del Proyecto de Ejecución, conteniendo el Estudio de Seguridad e Higiene, presentará el Plan de Seguridad e Higiene de la obra a la aprobación del Técnico de la Dirección Facultativa.

Presencia del contratista:

- El Contratista tiene la obligación de comunicar a la Propiedad la persona designada como delegada en la obra, la cual tendrá carácter de jefe, con dedicación plena y con facultades para representarla y adoptar en todo momento las disposiciones que compiten en la contrata.

- El Pliego de Condiciones particular determinará el personal facultativo o especialista que el Contratista se obliga a mantener en la obra como mínimo y el tiempo de dedicación comprometido.
- El incumplimiento de esta obligación o, en general, la falta de cualificación suficiente por parte del personal según la naturaleza de los trabajos facultará a la Dirección Facultativa a ordenar la paralización de las obras, sin derecho a ninguna reclamación, hasta que se resuelva la deficiencia.
- El jefe de la obra, por sí mismo o por medio de sus técnicos encargados, estará presente durante la jornada legal de trabajo y acompañará al Técnico Facultativo, a las visitas que haga en las obras, poniéndose a su disposición para la práctica de los reconocimientos que se consideren necesarios, suministrándole datos precisos para la comprobación de medidas y liquidaciones.

Trabajos no estipulados expresamente:

- Es obligación de la contrata ejecutar tanto como sea necesario para la buena construcción y aspecto de las obras, aunque no estén expresamente determinadas en los documentos del Proyecto, siempre y cuando, no se separen de la correcta interpretación, o disponga el Técnico Facultativo dentro de los límites de posibilidades que los presupuestos habiliten para cada unidad de obra y del tipo de ejecución.
- El Contratista, de acuerdo con la Dirección Facultativa, entregará en el acto de la recepción provisional, los planos de todas las instalaciones ejecutadas en la obra, con las modificaciones o estado definitivo en las cuales hayan quedado. - El Contratista se compromete también a entregar las autorizaciones que preceptivamente han de expendirse a las Delegaciones Provinciales de Industria, etc., y autoridades locales de la puesta en servicio de las referidas instalaciones.
- Son también para tener en cuenta bajo responsabilidad del Contratista, todos los arbitrajes, licencias municipales, vallas, alumbrado, multas, etc., que ocasionen las obras desde el inicio hasta el final.

Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones de los Documentos del Proyecto:

- Cuando se trate de aclarar, interpretar o modificar prospectos del Pliego de Condiciones o indicaciones de los planos o croquis, las órdenes e instrucciones correspondientes se comunicarán precisamente por escrito al Contratista, estando éste obligado a retornar los originales o las copias suscribiendo con su firma el conocimiento, que figurará al pie de todas las órdenes, avisos o instrucciones que reciba del Técnico Facultativo.
- Cualquier reclamación que en contra de las disposiciones tomadas por éstos crea oportuna hacer el Contratista, tendrá que dirigirla, dentro del término de tres días, del que la haya dictado, el cual dará al Contratista el correspondiente recibo, si este lo solicitara.
- El Contratista podrá requerir del Técnico Facultativo, las instrucciones o aclaraciones que se precisen para la correcta interpretación y ejecución de lo proyectado.
- Reclamaciones contra las órdenes de la Dirección Facultativa: Las reclamaciones que el Contratista quiera hacer contra las órdenes o instrucciones pedidas por la Dirección Facultativa, solo podrán presentarse delante de la Propiedad, si son de orden económico y de acuerdo con las condiciones estipuladas en el Pliego de Condiciones correspondiente. Contra disposiciones de orden técnico del Ingeniero, no se admitirá ninguna reclamación, pudiendo el Contratista salvar su responsabilidad, si así lo cree oportuno, mediante una exposición razonada dirigida al Ingeniero, el cual podrá limitar su respuesta al acusamiento de lo recibido, que en todo caso será obligatorio para este tipo de reclamaciones.
- Faltas de personal: El Director Facultativo, en el supuesto caso de desobediencia a sus instrucciones, manifestación de incompetencia o negligencia grave que comprometan o perturben la marcha de los trabajadores podrá requerir el Contratista para que aparte de la obra al dependiente u operarios causantes de la perturbación.
- El Contratista podrá subcontratar capítulos o unidades de obra a otros contratistas e industriales, con sujeción en el caso, a lo estipulado en el Pliego de Condiciones Particulares y sin perjuicio de sus obligaciones como Contratista general de la obra.

3.3 Condiciones económicas

3.3.1 Abono de la obra

En el contrato se deberá fijar detalladamente la forma y plazos que se abonarán las obras. Las liquidaciones parciales que puedan establecerse tendrán carácter de documentos provisionales a buena cuenta, sujetos a las certificaciones que resulten de la liquidación final. No suponiendo, dichas liquidaciones, aprobación ni recepción de las obras que comprenden.

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

3.3.2 Precios

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

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

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

3.3.3 Previsión de precios

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

3.3.4 Penalizaciones

Por retraso en los plazos de entrega de las obras, se podrán establecer tablas de penalización cuyas cuantías y demoras se fijarán en el contrato.

3.3.5 Contrato

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

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

3.3.6 Responsabilidades

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

El contratista es el único responsable de todas las contravenciones que él o su personal cometan durante la

ejecución de las obras u operaciones relacionadas con las mismas.

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

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

3.3.7 Rescisión de contrato

Se considerarán causas suficientes para la rescisión del contrato las siguientes:

- Muerte o incapacitación del Contratista.
- La quiebra del Contratista.
- Modificación del proyecto cuando produzca alteración en más o menos 25% del valor contratado.
- Modificación de las unidades de obra en número superior al 40% del original.
- La no iniciación de las obras en el plazo estipulado cuando sea por causas ajenas a la Propiedad.
- La suspensión de las obras ya iniciadas siempre que el plazo de suspensión sea mayor de seis meses.
- Incumplimiento de las condiciones del Contrato cuando implique mala fe.
- Terminación del plazo de ejecución de la obra sin haberse llegado a completar ésta. - Actuación de mala fe en la ejecución de los trabajos.

Destajar o subcontratar la totalidad o parte de la obra a terceros sin la autorización del Técnico Director y la Propiedad.

3.3.8 Liquidación en caso de rescisión de contrato

Siempre que se rescinda el Contrato por causas anteriores o bien por acuerdo de ambas partes, se abonará al Contratista las unidades de obra ejecutadas y los materiales acopiados a pie de obra y que reúnan las condiciones y sean necesarios para la misma.

Cuando se rescinda el contrato llevará implícito la retención de la fianza para obtener los posibles gastos de conservación del período de garantía y los derivados del mantenimiento hasta la fecha de nueva adjudicación.

3.4 Condiciones técnicas

3.4.1 Condiciones generales

Calidad de los materiales

Todos los materiales que utilizaremos en dicha obra habrán de ser de primera calidad y reunirán las condiciones exigidas en las condiciones generales de rango técnico previstas en el Pliego de Condiciones u otras disposiciones vigentes referentes a materiales prototipos.

Materiales que no constan en el proyecto

Los materiales que no se hacen constar en el proyecto, pueden dar lugar a precios contradictorios, si por lo tanto ocurre así realmente, éstos reunirán las condiciones de bondad necesarias, a juicio de la Dirección Facultativa, no teniendo derecho a reclamación por parte del Contratista, en caso de existir estas condiciones.

3.4.2 Disposiciones vigentes

Todas las instalaciones que se ejecutan en el desarrollo del presente Proyecto, cumplirán en primer lugar los siguientes reglamentos:

- Real Decreto 842/2002, de 2 de Agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (BOE nº 224 de 18/09/2002).
- Real Decreto 314/2006, de 17 de Marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación y las exigencias básicas desarrolladas en su Documento Básico DB – HE de Ahorro Energético (BOE nº 74 de 28/03/2006). Así como las correcciones posteriores del mismo.
- Orden de 26 de Marzo de 2007, por el que se aprueban las Especificaciones Técnicas de las Instalaciones Fotovoltaicas Andaluzas (BOJA nº 80 de 24/04/2007). Así como la Corrección de Errores e Instrucciones Técnicas Complementarias y Anexos I y II (BOJA nº 98 de 18/05/2007).
- Real Decreto 1699/2011, de 18 de Noviembre (BOE nº 295 de 08/12/2011), por el que se regula la Conexión a Red de Instalaciones de Producción de Energía Eléctrica de Pequeña Potencia. Así como la Corrección de Errores del R.D. 1699/2011 de 11 de Febrero (BOE nº 36 de 11/02/2012).
- 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.

RD244/2019 por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.

3.4.3 Generalidades

Como principio general se ha de asegurar, como mínimo, un grado de aislamiento eléctrico de tipo básico clase I en lo que afecta tanto a equipos (módulos e inversores), como a materiales (conductores, cajas y armarios de conexión), exceptuando el cableado de continua, que será de doble aislamiento.

La instalación incorporará todos los elementos y características necesarios para garantizar en todo momento la calidad del suministro eléctrico.

El funcionamiento de las instalaciones fotovoltaicas no deberá provocar en la red averías, disminuciones de las condiciones de seguridad ni alteraciones superiores a las admitidas por la normativa que resulte aplicable.

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

Las marcas comerciales nombradas en la memoria son recomendaciones a título orientativo. La elección de las mismas queda como responsabilidad del instalador, en función de la disponibilidad, existencia en el momento de la ejecución o preferencia de trabajo del instalador.

Los materiales seleccionados cumplirán con todas las características de diseño y la normativa aplicable. En el caso de que no fuese posible elegir un componente que cumpla con los requisitos de este proyecto, será necesario el visto bueno del proyectista o de un técnico cualificado que evalúe su idoneidad y efecto en el resto de componentes.

La aceptación final de los materiales y componentes se realizará con la firma del propietario del presupuesto presentado por el contratista.

Los materiales situados en intemperie se protegerán contra los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la humedad. Se incluirán todos los elementos necesarios de seguridad y protecciones propias de las personas y de la instalación fotovoltaica, asegurando la protección frente a contactos directos e indirectos, cortocircuitos, sobrecargas, así como otros elementos y protecciones que resulten de la aplicación de la legislación vigente.

Por motivos de seguridad y operación de los equipos, los indicadores, etiquetas, etc., de los mismos estarán en alguna de las lenguas españolas oficiales del lugar de la instalación.

3.4.4 Emplazamiento

La selección del emplazamiento del generador fotovoltaico se ha hecho conforme a los siguientes criterios:

- Orientación adecuada.

- Inclinación óptima del generador fotovoltaico.
- Minimización de las sombras fijas.
- Seguridad ante las solicitaciones extremas de viento.
- Condiciones de seguridad indicadas en la normativa aplicable a instalaciones fotovoltaicas.
- Minimización del tiempo de montaje y cableado de la obra.
- Facilidad de mantenimiento.
- Mínimo coste.
- Posibilidad de acceso.

Protección contra vandalismo, robo y/o accidente.

3.4.5 Módulos fotovoltaicos

Todos los módulos cumplirán con las especificaciones UNE-EN-61.215 para módulos de silicio cristalino, así como estar cualificados por algún laboratorio reconocido, que lo acreditará mediante la presentación del certificado oficial correspondiente.

El módulo fotovoltaico lleva de manera claramente visible el modelo y nombre o logotipo del fabricante, así como una identificación individual o número de serie trazable en la fabricación.

Los módulos habrán de llevar diodos de derivación para evitar averías de las células y sus circuitos por sombreado parcial, con grado de protección IP61.

Los marcos laterales, serán de aluminio o acero inoxidable.

Todos los módulos que integren la instalación serán del mismo modelo, y con las mismas características de las células, incluidas las características físicas (color, dimensiones, etc.). Para que un módulo resulte aceptable, su potencia máxima y corriente de cortocircuito reales referidas a condiciones estándar deberán estar comprendidas en el margen del 5% superior a los correspondientes valores nominales de catálogo.

Los módulos deben garantizar una producción de al menos el 90 % durante 10 años y un 80 % durante 25 años.

Será rechazado cualquier módulo que represente defectos de fabricación con roturas o manchas en cualquier de sus elementos así como la falta de alineación en las células o burbujas en el encapsulante.

Se valorará positivamente una alta eficiencia de las células.

Orientación e inclinación: Los generadores fotovoltaicos se colocarán sobre estructura fija con una desviación máxima hacia el sur de $\pm 30^\circ$, siempre determinándose el porcentaje de pérdidas respecto al caso óptimo (orientación 0° sur). Se podrán variar los datos indicados con anterioridad, con objeto de obtener mayor integración arquitectónica del campo solar.

Se deberán estudiar las sombras que se producen sobre los módulos fotovoltaicos, con el fin de determinar el porcentaje de pérdidas que se producen, o en su defecto se optará por un sistema de seguimiento de sombreado (backtracking) con el fin de optimizar en la medida de lo posible las pérdidas del sistema.

Cuando la instalación se haga sobre cubierta plana la inclinación será lo más próximo posible a la latitud del lugar. En el caso de hacerse sobre cubierta inclinada se hará siguiendo la inclinación de la misma, en cuyo caso debe determinarse el porcentaje de pérdidas respecto a la inclinación óptima.

Por motivos de seguridad y para facilitar el mantenimiento o reparación del generador, se instalarán los elementos necesarios (fusibles, interruptores, etc.) para la desconexión de manera independiente y en ambos terminales, cualquiera que sea la rama.

3.4.6 Estructura de soporte

La estructura soporte de módulos ha de resistir, con los módulos instalados, las sobrecargas de viento y nieve, de acuerdo con lo indicado en el vigente CTE/Eurocódigos.

El diseño y la construcción de la estructura y el sistema de fijación de módulos, permitirá las necesarias dilataciones térmicas, sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los módulos, siguiendo las

indicaciones del fabricante.

Los puntos de sujeción para el módulo fotovoltaico serán suficientes en número, teniendo en cuenta el área de apoyo y posición relativa, de forma que no se produzcan flexiones en los módulos superiores a las permitidas por el fabricante y los métodos homologados para el modelo de módulo.

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

La estructura se protegerá superficialmente contra la acción de los agentes ambientales. La realización de taladros en la estructura se llevará a cabo antes de proceder, en su galvanizado o protección de la estructura.

La tornillería será realizada en acero inoxidable. En el caso de ser la estructura galvanizada se admitirán tornillos galvanizados, exceptuando la sujeción de los módulos a la misma, que serán de acero inoxidable.

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

Se dispondrán las estructuras soporte necesarias para montar los módulos, cumpliendo lo especificado en el punto sobre sombras.

Se incluirán todos los accesorios y bancadas y/o anclajes.

Si está construida con perfiles de acero laminado conformado en frío, garantizará todas sus características mecánicas y de composición química.

Si es del tipo galvanizada en caliente, cumplirá las normas UNE 37.501 y UNE 37.508, con un espesor mínimo de 80 micras para eliminar las necesidades de mantenimiento y prolongar su vida útil.

3.4.7 Inversor

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

Las características básicas del inversor serán las siguientes:

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

El inversor cumplirá con las directivas comunitarias de Seguridad Eléctrica y Compatibilidad Electromagnética (ambas serán certificadas por el fabricante), incorporando protecciones frente a:

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

El inversor dispondrá de las señalizaciones necesarias para su correcta operación, e incorporará los controles automáticos imprescindibles que aseguren su adecuada supervisión y manejo. Incorporará, al menos, los controles manuales siguientes:

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

Las características eléctricas del inversor serán las siguientes:

- El inversor seguirá entregando potencia a la red de forma continuada en condiciones de irradiación solar un 10% superiores a las STC. Además, soportará picos de magnitud un 30 % superior a las STC durante períodos de hasta 10 segundos.

- Los valores de eficiencia al 25 % y 100 % de la potencia de salida nominal deberán ser superiores al 85 % y 88 % respectivamente (valores medidos incluyendo el transformador de salida, si lo hubiere) para inversores de potencia inferior a 5 Kw, y del 90 % al 92 % para inversores mayores de 5 Kw.
- El autoconsumo del inversor en modo nocturno ha de ser inferior al 0,5 % de su potencia nominal. - El factor de potencia de la potencia generada deberá ser superior a 0,95, entre el 25 % y el 100 % de la potencia nominal.
- A partir de potencias mayores del 10 % de su potencia nominal, el inversor deberá inyectar en red.
- Tendrá un grado de protección mínima IP20 para inversores en el interior de edificios y lugares inaccesibles, IP30 para inversores en el interior de edificios y lugares accesibles, y de IP65 para inversores instalados a la intemperie. En cualquier caso, se cumplirá la legislación vigente.
- Los inversores estarán garantizados para operación en las siguientes condiciones ambientales: entre 0 °C y 40 °C de temperatura y entre 0 % y 85 % de humedad relativa.

El inversor deberá estar etiquetado con, al menos, la siguiente información:

- Potencia nominal (VA)
- Tensión nominal de entrada (V)
- Tensión (V) y frecuencia (Hz) nominales de salida
- Fabricante (nombre o logotipo) y número de serie
- Polaridad y terminales

3.4.8 Cableado

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

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

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

Todo el cableado de continua será de doble aislamiento y adecuado para su uso en intemperie, al aire o enterrado, de acuerdo con la norma UNE 21.123.

Los cables utilizados para la interconexión de los módulos FV en cada una de los paneles estarán protegidos contra la degradación por efecto de la intemperie: radiación solar, UV, y condiciones ambientales de elevada temperatura ambiente.

Los cableados estarán adecuadamente etiquetados, identificados, de acuerdo con los esquemas eléctricos.

Designación de los cables de energía de baja tensión. Cables eléctricos de tensión asignada hasta 450/ 750 V

Los cables eléctricos aislados de tensión asignada hasta 450/750 V se designan según las especificaciones de la norma UNE 20.434 “Sistemas de designación de los cables”.

Esta norma corresponde a un sistema armonizado (Documento de armonización HD 361 de CENELEC) y por lo tanto estas especificaciones son de aplicación en todos los países de la Unión Europea.

El sistema utilizado es una secuencia de símbolos en el que cada uno de ellos, según su posición, tiene un significado previamente establecido en la norma.

Nota: Al no estar armonizados los cables de tensión asignada 0,6/1 kV, este sistema de designación no le es de aplicación. Existen discrepancias y contradicciones entre ambos sistemas de designación, ya que el mismo símbolo puede tener significados distintos según se trate de un cable 450/750 V o un cable 0,6/1 kV.

Los cables de uso general en España cumplen las siguientes normas UNE:

- UNE 21.031: Cables de tensión asignada inferior o igual a 450/750 V, con aislamiento termoplástico.
- UNE 21.027: Cables de tensión asignada inferior o igual a 450/750 V, con aislamiento reticulado.
- UNE 21.153: Cables flexibles planos con cubierta de policloruro de vinilo.
- UNE 211.002: Cables de tensión asignada hasta 450/750 V con aislamiento de compuesto termoplástico de baja emisión de humos y gases corrosivos. Cables unipolares sin cubierta para instalaciones fijas.
- UNE-EN 50.214: Cables flexibles para ascensores y montacargas.
- Designación de los cables de energía de baja tensión. Cables eléctricos de tensión asignada 0,6/ 1 k V.

Los cables eléctricos aislados de tensión asignada 0,6/1 kV no están armonizados, por lo que tienen un sistema de designación basado en la norma UNE 20.434 (Documento de armonización HD 361 de CENELEC).

Para estos cables no existe una norma general de designación, sino que el sistema utilizado es una secuencia de símbolos en el que cada uno de ellos, según su posición, tiene un significado previamente establecido en la propia norma particular.

Existen algunas discrepancias y contradicciones entre ambos sistemas de designación, ya que el mismo símbolo puede tener significados distintos según se trate de un cable 450/750 V o un cable 0,6/1 kV.

Colores de los cableados:

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 éstos 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 o negro.

Cuando se considere necesario identificar tres fases diferentes, se utilizará también el color gris. En los circuitos trifásicos, cada fase deberá identificarse con un color diferente, utilizando los colores negro, marrón y gris. El reglamento establece también que en circuitos monofásicos la fase estará identificada por el color negro o marrón, independientemente de que estos circuitos se alimenten de fases distintas.

No obstante, cuando para facilitar la identificación, la instalación o el mantenimiento, se considere necesario distinguir entre diferentes circuitos de una instalación interior monofásica, se podrán utilizar el color negro, marrón o gris en los conductores de fase de los diferentes circuitos, siempre que en el proyecto se especifiquen los colores seleccionados para cada circuito.

Los cables unipolares de tensión 0,6/1 kV con aislamiento y cubierta no tienen aplicadas diferentes coloraciones, en este caso el instalador debe identificar los conductores mediante medios apropiados, como puede ser una etiqueta o argolla.

3.4.9 Conexión a red

Se cumplirá con lo dispuesto en el Real Decreto 1955/2000 y Real Decreto 244/2019 sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas conectadas a red de baja tensión, concretamente el capítulo III del mismo.

3.4.10 Protecciones

Se cumplirá con lo dispuesto en el Real Decreto 1699/2011 sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas conectadas a red de baja tensión, concretamente el capítulo III del mismo, artículo 14.

3.4.11 Medida de la energía

Se cumplirá con lo dispuesto en el Real Decreto 900/2015 sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas conectadas a red de baja tensión.

Todos los elementos integrantes del equipo de medida, tanto los de entrada como los de salida de energía, serán precintados por la empresa distribuidora. El instalador autorizado sólo podrá abrir los precintos con el

consentimiento escrito de la empresa distribuidora. No obstante, en caso de peligro pueden retirarse los precintos sin consentimiento de la empresa eléctrica; siendo en este caso obligatorio informar a la empresa distribuidora con carácter inmediato.

Además de las prescripciones anteriores, los equipos de medida deberán cumplir con todas las especificaciones de la compañía distribuidora.

Se incluirá un equipo de monitorización para al menos monitorizar la generación fotovoltaica y el consumo total del cliente, y que estos datos puedan verse tanto en tiempo real como los históricos poder consultarse en una plataforma on-line.

Los equipos que monitorizan la energía deberán del mismo modo tener la opción de configurarse para trabajar como equipos de “inyección cero” (esto es, que eviten parcial o totalmente vertido a la red).

3.4.12 Puesta a tierra

La puesta a tierra de la instalación cumplirá las siguientes características:

- Todas las instalaciones cumplirán lo dispuesto en el artículo 15 del Real Decreto 1663/2000 sobre las condiciones de puesta a tierra de instalaciones fotovoltaicas conectadas a red de baja tensión.
- La puesta a tierra se realizará de manera que no se altere las condiciones de puesta a tierra de la red de la empresa distribuidora.
- La configuración en el lado de corriente continua será flotante.
- La estructura metálica de soporte de los paneles fotovoltaicos, los marcos de los mismos y el chasis del inversor se conectaran a tierra, a través de un conductor de cobre de la sección adecuada.

Se cumplirá asimismo con lo dispuesto en el Real Decreto 1699/2011 sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas conectadas a red de baja tensión, concretamente el capítulo III del mismo, artículo 15.

3.4.13 Armónicos y compatibilidad electromagnética

Se cumplirá con lo dispuesto en el Real Decreto 1699/2011 sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas conectadas a red de baja tensión, concretamente el capítulo III del mismo, artículo 16.

3.4.14 Ejecución de obras

Replanteo de la obra

Antes de comenzar las obras, se realizará el replanteo de las mismas, con especial interés en los puntos singulares, detallando la situación de los puntos de anclaje de la estructura de soporte en la cubierta, distribución de los módulos, canalizaciones, cajas de conexiones, etc., de manera que se fije completamente la ubicación de todas las instalaciones antes de comenzar las obras.

Ejecución del trabajo

Durante el transcurso de las obras se realizará, entre otras cosas, las siguientes comprobaciones:

- Comprobación de los distintos equipos, tales como módulos, inversor, equipos auxiliares y conductores.
- Comprobación de la calidad y alineamiento de los soportes y estructuras, pernos de anclaje, tuercas y arandelas, etc.
- Verificación de la alineación, orientación, altura y nivelación de los equipos, teniendo en cuenta el entorno en el que se ubican.
- Comprobación de la instalación y estética general.
- Corresponde al contratista la responsabilidad en la ejecución de los trabajos que deberá realizarse conforme a criterios de calidad reconocidos.

Estructura soporte de los módulos fotovoltaicos

Es responsabilidad del instalador la fijación de las estructuras soporte de sujeción de los módulos fotovoltaicos a la cubierta del centro, su cálculo e instalación.

Conexiones

Todas las conexiones de los conductores entre sí y con los aparatos y dispositivos se efectuarán mediante conectores con la protección IP adecuada al ambiente en el que se encuentren.

El instalador entregará al usuario un documento-albarán en el que conste el suministro de componentes, materiales y manuales de uso y mantenimiento de la instalación. Este documento será firmado por duplicado.

Los conductores desnudos, preparados para efectuar una conexión estarán limpios, carentes de toda materia que impida un buen contacto, y sin daños sobre el conductor a la hora de quitar el revestimiento del cable. En ningún caso será admitido un empalme por simple retorcimiento empleándose para ello fichas, petacas y demás dispositivos existentes en el mercado.

3.4.15 Tendido de cables

Los cables deben ser siempre desenrollados y puestos en su sitio con el mayor cuidado evitando que sufran torsión, hagan bucles, etc. y teniendo siempre en cuenta que el radio de curvatura del cable debe ser superior a 20 veces su diámetro durante su tendido y superior a 10 veces su diámetro una vez instalado.

En todo caso el radio de curvatura de los cables no debe ser inferior a los valores indicados en las Normas UNE correspondientes relativas a cada tipo de cable.

También se puede tender mediante cabrestantes tirando del extremo del cable al que se le habrá adoptado una cabeza apropiada y con un esfuerzo de tracción por milímetro cuadrado de conductor que no debe pasar del indicado por el fabricante del mismo. Será imprescindible la colocación de dinamómetros para medir dicha tracción.

Durante el tendido se tomarán precauciones para evitar que el cable no sufra esfuerzos importantes ni golpes ni rozaduras.

No se permitirá desplazar lateralmente el cable por medio de palancas u otros útiles; deberá hacerse siempre a mano.

Cuando la temperatura ambiente sea inferior a cero grados, no se permitirá hacer el tendido del cable debido a la rigidez que toma el aislamiento.

Cuando dos cables que se canalicen vayan a ser empalmados, se solaparán al menos en una longitud de 0,50 m.

Si con motivo de las obras de canalización aparecieran instalaciones de otros servicios, se tomarán todas las precauciones para no dañarlas, dejándolas al terminar los trabajos en las mismas condiciones en que se encontraban primitivamente.

Si involuntariamente se causara alguna avería en dichos servicios, se avisará con toda urgencia al Director de Obra y a la Empresa correspondiente con el fin de que procedan a su reparación. El encargado de la obra por parte del Contratista deberá conocer la dirección de los servicios públicos, así como su número de teléfono para comunicarse en caso de necesidad.

3.4.16 Protección del medio ambiente

En el proceso de instalación de los equipos se observarán, además de todas las normas ambientales aplicables, las medidas necesarias para la correcta gestión de los residuos generados, que serán por cuenta en su totalidad del contratista, debiendo declarar por escrito al Ayuntamiento todos los residuos peligrosos generados al finalizar los trabajos.

Se observarán todas las medidas preventivas necesarias para respetar el medio ambiente circundante al ámbito de actuación (flora, fauna, aguas, suelos, calidad del aire, etc.). En caso de observarse daños en fauna, flora, contaminación de suelo, aire o agua, o derroche de agua, será obligatorio restaurar el medio ambiente afectado, independientemente del expediente sancionador correspondiente al que hubiera lugar.

3.4.17 Recepción y pruebas

El instalador entregará al usuario un documento-albarán en el que conste el suministro de componentes, materiales y manuales de uso y mantenimiento de la instalación. Este documento será firmado por duplicado por ambas partes, conservando cada una un ejemplar.

Los manuales entregados al usuario estarán en alguna de las lenguas oficiales españolas para facilitar su correcta interpretación.

Antes de la puesta en servicio de todos los elementos principales (módulos, inversores, contadores) éstos deberán haber superado las pruebas de funcionamiento en fábrica, de las que se levantará oportuna acta que se adjuntará con los certificados de calidad.

Las pruebas a realizar por el instalador, con independencia de lo indicado con anterioridad en este Pliego de Condiciones, serán como mínimo las siguientes:

- Funcionamiento y puesta en marcha de todos los sistemas.
- Pruebas de arranque y parada en distintos instantes de funcionamiento.
- Pruebas de los elementos y medidas de protección, seguridad y alarma, así como su actuación, con excepción de las pruebas referidas al interruptor automático de la desconexión.
- Determinación de la potencia instalada.

Concluidas las pruebas y la puesta en marcha se pasará a la fase de la Recepción Provisional de la Instalación. No obstante, el Acta de Recepción Provisional no se firmará hasta haber comprobado que todos los sistemas y elementos que forman parte del suministro han funcionado correctamente durante un mínimo de 240 horas seguidas, sin interrupciones o paradas por fallos o errores del sistema suministrado, y además se hayan cumplido los siguientes requisitos:

- Entrega de toda la documentación requerida.
- Retirada de obra de todo el material sobrante.
- Limpieza de las zonas ocupadas, con transporte de todos los desechos a vertedero.

Durante este período el suministrador será el único responsable de la operación de los sistemas suministrados, si bien deberá adiestrar al personal de operación.

3.4.18 Garantías

Plazos

Todos los elementos suministrados, así como la instalación en su conjunto, estarán protegidos frente a defectos de fabricación, instalación o elección de componentes por una garantía de 2 años como mínimo, salvo para los módulos fotovoltaicos, para los que la garantía será de 10 años como mínimo, contados a partir de la fecha de la firma del Acta de Recepción Provisional. No obstante, vencida la garantía, el instalador quedará obligado a la reparación de los fallos de funcionamiento que se puedan producir si se aprecia que su origen procede de defectos ocultos de diseño, construcción, materiales o montaje, comprometiéndose a subsanarlos sin cargo alguno. En cualquier caso, deberá atenerse a lo establecido en la legislación vigente en cuanto a vicios ocultos.

Sin perjuicio de una posible reclamación a terceros, la instalación será reparada de acuerdo con estas condiciones generales si ha sufrido una avería a causa de un defecto de montaje o de cualquiera de los componentes, siempre que haya sido manipulada correctamente de acuerdo con lo establecido en el manual de instrucciones.

La garantía se concederá favor del comprador de la instalación, lo que deberá justificarse debidamente mediante el correspondiente certificado de garantía, con la fecha que se acredite en la entrega de la instalación.

Si hubiera de interrumpirse la explotación del suministro debido a razones de las que es responsable el suministrador, o a reparaciones que el suministrador haya de realizar para cumplir las estipulaciones de la garantía, el plazo se prolongará por la duración total de dichas interrupciones.

Condiciones económicas

La garantía comprende la reparación o reposición, en su caso, de los componentes y las piezas que pudieran resultar defectuosas, así como la mano de obra empleada en la reparación o reposición durante el plazo de

vigencia de la garantía.

Quedan expresamente incluidos los siguientes gastos: tiempos de desplazamiento, medios de transporte, amortización de vehículos y herramientas, disponibilidad de otros medios y eventuales portes de recogida y devolución de los equipos para su reparación en los talleres del fabricante. Asimismo, se deben incluir la mano de obra y materiales necesarios para efectuar los ajustes y eventuales reglajes del funcionamiento de la instalación.

Si en un plazo razonable el suministrador incumple las obligaciones derivadas de la garantía, el comprador de la instalación podrá, previa notificación escrita, fijar una fecha final para que dicho suministrador cumpla con sus obligaciones. Si el suministrador no cumple con sus obligaciones en dicho plazo último, el comprador de la instalación podrá, por cuenta y riesgo del suministrador, realizar por sí mismo las oportunas reparaciones, o contratar para ello a un tercero, sin perjuicio de la reclamación por daños y perjuicios en que hubiere incurrido el suministrador.

Anulación de la garantía

La garantía podrá anularse cuando la instalación haya sido reparada, modificada o desmontada, aunque sólo sea en parte, por personas ajenas al suministrador o a los servicios de asistencia técnica de los fabricantes no autorizados expresamente por el suministrador, salvo lo indicado en el párrafo anterior.

Cuando el usuario detecte un defecto de funcionamiento en la instalación lo comunicará fehacientemente al suministrador. Cuando el suministrador considere que es un defecto de fabricación de algún componente, lo comunicará fehacientemente al fabricante.

Lugar y tiempo de la prestación

Las averías de las instalaciones se repararán en su lugar de ubicación por el suministrador. Si la avería de algún componente no pudiera ser reparada en el domicilio del usuario, el componente deberá ser enviado al taller oficial designado por el fabricante por cuenta y a cargo del suministrador.

El suministrador realizará las reparaciones o reposiciones de piezas a la mayor brevedad posible una vez recibido el aviso de avería, pero no se responsabilizará de los perjuicios causados por la demora en dichas reparaciones siempre que sea inferior a 15 días naturales.

4 ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

4.1 Normativa y objeto del Estudio Básico de Seguridad

4.1.1 Justificación del Estudio Básico de Seguridad y Salud

Mediante este documento se pretende dar cumplimiento a lo establecido por la Ley 31/1995, de Prevención de Riesgos Laborales, y en el Real Decreto 1627/1997 del 24 de octubre sobre Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción, dando las directrices básicas para que la empresa contratista pueda desarrollar el Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo, cumpliendo así sus obligaciones en materia de prevención de Riesgos Laborales y el cual deber ser aprobado antes del comienzo de las obras.

En el desarrollo de este estudio, se han identificado los diferentes riesgos asociados a los equipos, maquinaria e intrínsecos de la propia obra, evaluando la eficacia de las protecciones que previstas. Igualmente, se ha procurado que este estudio este adaptado a la actualidad, tanto en lo referido a las prácticas constructivas como a los medios técnicos y tecnologías empleadas. Cualquier cambio por parte del contratista para utilizar otras tecnologías más novedosas, deberá actualizarse y modificarse en el Plan de Seguridad.

Este Estudio de Seguridad y Salud en el instrumento aportado por el Promotor para dar cumplimiento al Artículo 7 del RD 171/2004, al entenderse que la “Información del empresario Promotor queda cumplida mediante el Estudio Básico o Estudio de Seguridad y Salud, en los términos establecidos en los artículos 5 y 6 del RD1627/97.

4.2 Descripción de la Obra

4.2.1 Datos generales del proyecto y de la obra

La instalación que se va a llevar a cabo es una planta fotovoltaica de 100 kW de potencia nominal en régimen de autoconsumo. La realización de los módulos fotovoltaicos se realizará de forma coplanar a las cubiertas del edificio donde se llevará a cabo la instalación. La instalación estará situada en el término municipal de Arahal, en la provincia de Sevilla.

4.2.2 Asistencia sanitaria

- Primeros auxilios: se realizarán mediante un botiquín portátil que estará situado en la propia obra
- Asistencia Primaria (Urgencias): Se llevará a cabo en el Hospital de Alta Resolución de Utrera, Av. Brigadas Internacionales, 0, 41710 Utrera, Sevilla situado a unos 25,5 km aproximadamente.

- Asistencia Especializada (Hospital): Se llevará a cabo en el Hospital de Alta Resolución de Utrera, Av. Brigadas Internacionales, 0, 41710 Utrera, Sevilla situado a unos 25,5 km aproximadamente.

4.3 Normas preventivas generales de la obra

4.3.1 Normas generales

- Cumplir activamente las instrucciones y medidas preventivas que adopte el empresario.
- Velar por la seguridad propia y de las personas a quienes pueda afectar sus actividades desarrolladas.
- Utilizar, conforme a las instrucciones de seguridad recibidas, los medios y equipos asignados.
- Asistir a todas las actividades de formación acerca de prevención de riesgos laborales organizadas por el empresario.
- Consultar y dar cumplimiento a las indicaciones de la información sobre prevención de riesgos recibida del empresario.
- Cooperar para que en la obra se puedan garantizar unas condiciones de trabajo seguras.
- No consumir sustancias que puedan alterar la percepción de los riesgos en el trabajo.
- Comunicar verbalmente y, cuando sea necesario, por escrito, las instrucciones preventivas necesarias al personal subordinado.
- Acceder únicamente a las zonas de trabajo que ofrezcan las garantías de seguridad.
- Realizar únicamente aquellas actividades para las cuales se está cualificado y se dispone de las autorizaciones necesarias.
- No poner fuera de servicio y utilizar correctamente los medios de seguridad existentes en la obra.
- Informar inmediatamente a sus superiores de cualquier situación que pueda comportar un riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores.
- Contribuir al cumplimiento de las obligaciones establecidas por la autoridad laboral competente.
- Respetar la señalización de seguridad colocada en la obra.
- No encender fuego en la obra.
- Utilizar la herramienta adecuada según el trabajo que se quiere realizar.
- En caso de producirse cualquier tipo de accidente, comunicar la situación inmediatamente a sus superiores.
- Al levantar pesos, hacerlo con la espalda recta y realizar la fuerza con las piernas, nunca con la espalda.
- Lavarse las manos antes de comer, beber o fumar.
- Debido a la crisis sanitaria provocada por el Covid-19, mantener una distancia de seguridad entre personas de 1,5 m, mantener la mascarilla en todo momento y especialmente cuando se trabaja en espacios cerrados y lavarse las manos asiduamente.

4.3.2 Protecciones individuales y colectivas

- Utilizar, de acuerdo con las instrucciones de seguridad recibidas en la obra, los equipos de protección individual y las protecciones colectivas.
- En caso de no disponer de equipos de protección individual o de que se encuentren en mal estado, hay que pedir equipos nuevos a los responsables.
- Anteponer las medidas de protección colectivas frente a las individuales.
- Conservar en buen estado los equipos de protección individual y las protecciones colectivas.
- En caso de retirar una protección colectiva por necesidades, hay que volver a restituir lo antes posible.

Para colocar las protecciones colectivas, utilizar sistemas seguros: arnés de seguridad anclado a líneas de vida, plataformas elevadoras, etc.

4.3.3 Maquinaria y equipos de trabajo

- Utilizar únicamente aquellos equipos y máquinas para los cuales se dispone de la cualificación y autorización necesarias.
- Utilizar estos equipos respetando las medidas de seguridad y las especificaciones indicadas por el fabricante.
- Realizar los mantenimientos periódicos conforme las instrucciones del fabricante.

4.3.4 Orden y limpieza

- Mantener las zonas de trabajo limpias y ordenadas.
- Comprobar antes de la utilización, que las instalaciones eléctricas disponen de los elementos de protección necesarios.
- Mantener periódicamente todos los equipos eléctricos.
- Conectar debidamente a tierra los equipos que así lo requieran.
- Desconectar la instalación eléctrica antes de realizar reparaciones.
- Manipular los cuadros eléctricos y reparar instalaciones o circuitos únicamente si se está autorizado.

4.4 Deberes, obligaciones y compromisos

4.4.1 De las personas

Según los Arts. 14 y 17, en el Capítulo III de la Ley 31/1995, 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales se establecen los siguientes puntos:

- Los trabajadores tienen derecho a una protección eficaz en materia de seguridad y salud en el trabajo. El citado derecho supone la existencia de un correlativo deber del empresario de protección de los trabajadores frente a los riesgos laborales. Este deber de protección constituye, igualmente, un deber de las Administraciones Públicas respecto del personal a su servicio. Los derechos de información, consulta y participación, formación en materia preventiva, paralización de la actividad en caso de riesgo grave e inminente y vigilancia de su estado de salud, en los términos previstos en la presente Ley, forman parte del derecho de los trabajadores a una protección eficaz en materia de seguridad y salud en el trabajo.
- En cumplimiento del deber de protección, el empresario deberá garantizar la seguridad y la salud de los trabajadores a su servicio en todos los aspectos relacionados con el trabajo. A estos efectos, en el marco de sus responsabilidades, el empresario realizará la prevención de los riesgos laborales mediante la integración de la actividad preventiva en la empresa y la adopción de cuantas medidas sean necesarias para la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores, con las especialidades que se recogen en los artículos siguientes en materia de plan de prevención de riesgos laborales, evaluación de riesgos, información, consulta y participación y formación de los trabajadores, actuación en casos de emergencia y de riesgo grave e inminente, vigilancia de la salud, y mediante la constitución de una organización y de los medios necesarios en los términos establecidos en el capítulo IV de esta ley. El empresario desarrollará una acción permanente de seguimiento de la actividad preventiva con el fin de perfeccionar de manera continua las actividades de identificación, evaluación y control de los riesgos que no se hayan podido evitar y los niveles de protección existentes y dispondrá lo necesario para la adaptación de las medidas de prevención señaladas en el párrafo anterior a las modificaciones que puedan experimentar las circunstancias que incidan en la realización del trabajo.
- El empresario deberá cumplir las obligaciones establecidas en la normativa sobre prevención de riesgos laborales.
- Las obligaciones de los trabajadores establecidas en esta Ley, la atribución de funciones en materia de protección y prevención a trabajadores o Servicios de la empresa y el recurso al concierto con entidades

especializadas para el desarrollo de actividades de prevención complementarán las acciones del empresario, sin que por ello le eximan del cumplimiento de su deber en esta materia, sin perjuicio de las acciones que pueda ejercitar, en su caso, contra cualquier otra persona.

- El coste de las medidas relativas a la seguridad y la salud en el trabajo no deberá recaer en modo alguno sobre los trabajadores.

4.4.2 Equipos de trabajo y medios de protección

- El empresario adoptará las medidas necesarias con el fin de que los equipos de trabajo sean adecuados para el trabajo que deba realizarse y convenientemente adaptados a tal efecto, de forma que garanticen la seguridad y la salud de los trabajadores al utilizarlos. Cuando la utilización de un equipo de trabajo pueda presentar un riesgo específico para la seguridad y la salud de los trabajadores, el empresario adoptará las medidas necesarias con el fin de que:
 - La utilización del equipo de trabajo quede reservada a los encargados de dicha utilización.
 - Los trabajos de reparación, transformación, mantenimiento o conservación sean realizados por los trabajadores específicamente capacitados para ello.
- El empresario deberá proporcionar a sus trabajadores equipos de protección individual adecuados para el desempeño de sus funciones y velar por el uso efectivo de los mismos cuando, por la naturaleza de los trabajos realizados, sean necesarios. Los equipos de protección individual deberán utilizarse cuando los riesgos no se puedan evitar o no puedan limitarse suficientemente por medios técnicos de protección colectiva o mediante medidas, métodos o procedimientos de organización del trabajo.

4.5 Principios básicos de la actividad preventiva de esta obra

4.5.1 Generales.

De acuerdo con los Arts. 15 y 16 de la Ley 31/1995, 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, se establece que:

- El empresario aplicará las medidas que integran el deber general de prevención previsto en el capítulo anterior, con arreglo a los siguientes principios generales:
 - Evitar los riesgos.
 - Evaluar los riesgos que no se puedan evitar.
 - Combatir los riesgos en su origen.
 - Adaptar el trabajo a la persona, en particular en lo que respecta a la concepción de los puestos de trabajo, así como a la elección de los equipos y los métodos de trabajo y de producción, con miras, en particular, a atenuar el trabajo monótono y repetitivo y a reducir los efectos del mismo en la salud.
 - Tener en cuenta la evolución de la técnica.
 - Sustituir lo peligroso por lo que entrañe poco o ningún peligro.
 - Planificar la prevención, buscando un conjunto coherente que integre en ella la técnica, la organización del trabajo, las condiciones de trabajo, las relaciones sociales y la influencia de los factores ambientales en el trabajo.
 - Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual.
 - Dar las debidas instrucciones a los trabajadores.
- El empresario tomará en consideración las capacidades profesionales de los trabajadores en materia de seguridad y salud en el momento de encomendarles las tareas.
- El empresario adoptará las medidas necesarias a fin de garantizar que solo los trabajadores que hayan recibido información suficiente y adecuada puedan acceder a las zonas de riesgo grave y específico.
- La efectividad de las medidas preventivas deberá prever las distracciones o imprudencias no temerarias que pudiera cometer el trabajador. Para su adopción se tendrán en cuenta los riesgos adicionales que pudieran implicar determinadas medidas preventivas; las cuales solo podrán adoptarse cuando la

magnitud de dichos riesgos sea sustancialmente inferior a la de los que se pretende controlar y no existan alternativas más seguras.

- Podrán concertar operaciones de seguro que tengan como fin garantizar como ámbito de cobertura la previsión de riesgos derivados del trabajo, la empresa respecto de sus trabajadores, los trabajadores autónomos respecto a ellos mismos y las sociedades cooperativas respecto a sus socios cuya actividad consista en la prestación de su trabajo personal.

4.5.2 Evaluación de los riesgos

- La prevención de riesgos laborales deberá integrarse en el sistema general de gestión de la empresa, tanto en el conjunto de sus actividades como en todos los niveles jerárquicos de ésta, a través de la implantación y aplicación de un plan de prevención de riesgos laborales a que se refiere el párrafo siguiente.

Este plan de prevención de riesgos laborales deberá incluir la estructura organizativa, las responsabilidades, las funciones, las prácticas, los procedimientos, los procesos y los recursos necesarios para realizar la acción de prevención de riesgos en la empresa, en los términos que reglamentariamente se establezcan.

- Los instrumentos esenciales para la gestión y aplicación del plan de prevención de riesgos, que podrán ser llevados a cabo por fases de forma programada, son la evaluación de riesgos laborales y la planificación de la actividad preventiva a que se refieren los párrafos siguientes:
 - El empresario deberá realizar una evaluación inicial de los riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores, teniendo en cuenta, con carácter general, la naturaleza de la actividad, las características de los puestos de trabajo existentes y de los trabajadores que deban desempeñarlos. Igual evaluación deberá hacerse con ocasión de la elección de los equipos de trabajo, de las sustancias o preparados químicos y del acondicionamiento de los lugares de trabajo. La evaluación inicial tendrá en cuenta aquellas otras actuaciones que deban desarrollarse de conformidad con lo dispuesto en la normativa sobre protección de riesgos específicos y actividades de especial peligrosidad. La evaluación será actualizada cuando cambien las condiciones de trabajo y, en todo caso, se someterá a consideración y se revisará, si fuera necesario, con ocasión de los daños para la salud que se hayan producido. Cuando el resultado de la evaluación lo hiciera necesario, el empresario realizará controles periódicos de las condiciones de trabajo y de la actividad de los trabajadores en la prestación de sus servicios, para detectar situaciones potencialmente peligrosas.
 - Si los resultados de la evaluación prevista en el párrafo a) pusieran de manifiesto situaciones de riesgo, el empresario realizará aquellas actividades preventivas necesarias para eliminar o reducir y controlar tales riesgos. Dichas actividades serán objeto de planificación por el empresario, incluyendo para cada actividad preventiva el plazo para llevarla a cabo, la designación de responsables y los recursos humanos y materiales necesarios para su ejecución. El empresario deberá asegurarse de la efectiva ejecución de las actividades preventivas incluidas en la planificación, efectuando para ello un seguimiento continuo de la misma. Las actividades de prevención deberán ser modificadas cuando se aprecie por el empresario, como consecuencia de los controles periódicos previstos en el párrafo a) anterior, su inadecuación a los fines de protección requeridos.

Las empresas, en atención al número de trabajadores y a la naturaleza y peligrosidad de las actividades realizadas, podrán realizar el plan de prevención de riesgos laborales, la evaluación de riesgos y la planificación de la actividad preventiva de forma simplificada, siempre que ello no suponga una reducción del nivel de protección de la seguridad y salud de los trabajadores y en los términos que reglamentariamente se determinen.

- Cuando se haya producido un daño para la salud de los trabajadores o cuando, con ocasión de la vigilancia de la salud prevista en el artículo 22, aparezcan indicios de que las medidas de prevención resultan insuficientes, el empresario llevará a cabo una investigación al respecto, a fin de detectar las causas de estos hechos.

4.6 Prevención de riesgos de la obra

4.6.1 Análisis de los métodos de ejecución y de los materiales y equipos a utilizar.

Operaciones previas a la ejecución de la obra

Previo al inicio de los trabajos en la obra, se debe proceder a una serie planificaciones y de trabajos:

- Organización general de la obra
- Acotación de zonas de trabajo y reserva de espacios de tránsito y/o acopio de materiales.
- Establecer las instrucciones de seguridad para el personal que trabajara en ella. Todo el personal que vaya a acceder a la obra, sin importar la tarea que va a desempeñar, debe conocer estas normas. Además, los recursos preventivos de cada contratista o los representantes legales de cada empresa que realice un trabajo en la obra deberán entregar una copia de las normas a todos los trabajadores presentes en la obra (incluyendo trabajadores, subcontratas y proveedores) y se dejará constancia por escrito de ello. Las normas a cumplir son:
 - No entre en obra sin antes comunicar su presencia, para realizar un efectivo control de acceso a obra, por su bien y el del resto de los trabajadores.
 - Utilice para circular por la obra calzado de seguridad con plantilla metálica y casco de protección en correcto estado. En caso de realizar algún trabajo con herramientas o materiales que puedan caer, el calzado deberá disponer también de puntera metálica con el fin de controlar el riesgo no evitable de caída de objetos en manipulación. Recuerde que los EPIS tienen una fecha de caducidad, pasada la cual no garantizan su efectividad.
 - Está prohibido retirar o manipular cualquier protección colectiva si antes no se adoptan otras medidas preventivas (colectivas e individuales) que sean de igual eficacia que las existentes. Finalizado el trabajo se deben restablecer las protecciones iniciales.
 - Nunca se trabajará sin protecciones (colectivas e individuales) aunque lo supervise el recurso preventivo.
 - Si encuentra alguna protección en mal estado o mal colocada, adviértalo inmediatamente a los recursos preventivos.
 - Si tiene que hacer uso de algún cuadro eléctrico, hágalo utilizando las clavijas macho-hembra adecuadas para su conexión.
 - Si tiene dudas, no improvise, advierta y pregunte a los recursos preventivos, esa es una de sus funciones.

4.6.2 Unidades constructivas que componen la obra

Para ejecutar la instalación se necesitarán las siguientes unidades constructivas:

- Estructura
- Instalación eléctrica (BT y CC)
- Maquinaria
- Seguridad
- Otros.

4.6.3 Maquinaria, medios auxiliares y herramientas previstas para la ejecución de la obra

Para ejecutar la instalación se necesitarán las siguientes herramientas y maquinaria:

- Taladro portátil
- Radial
- Camión-Grúa
- Escaleras de mano
- Herramientas de mano (destornilladores, alicates...).

4.6.4 Botiquines

Se dispondrá de botiquines conteniendo el material especificado en la normativa de Seguridad y Salud en el Trabajo y, junto a él en lugar visible, el listado de teléfonos de urgencia y direcciones de los centros asistenciales más próximos.

4.6.5 Asistencia de los accidentados

Se deberá informar a la obra del emplazamiento de los centros médicos más cercanos donde se deberá acudir a recibir asistencia primaria o especializada de urgencias.

Reconocimiento Médico

Todo el personal que empiece a trabajar deberá pasar un reconocimiento médico previo al inicio del trabajo y que será repetido en el período de un año, o cada vez que cambie de puesto de trabajo o las condiciones del mismo.

4.6.6 Relación de equipos de protección individual

La utilización de equipos de protección colectiva siempre debe prevalecer sobre la utilización de equipos de protección individual (EPIs). Sin embargo, tras el análisis, identificación y evaluación de riesgos existentes en la obra, existen ciertos de ellos que no se pueden eliminar con medidas de protección colectivas, por lo que se hace necesario el uso de EPIs para eliminarlos. Los que se utilizarán son:

- Protección de la cabeza
 - Cascos de protección con barboquejo
- Protección contra caídas
 - Cinturones para sujeción y retención y componentes de amarre de sujeción
 - Arnés anticaídas
- Protección de la cara y de los ojos
 - Gafas de protección ocular.
- Protección de manos y brazos
 - Guantes de protección contra riesgos mecánicos de uso general
- Protección de pies y piernas
 - Calzado de protección de uso profesional (100 J)
- Protección de la piel
 - Uso ropa que cubra todo el brazo y toda la pierna
 - Uso de crema de protección UV.
- Vestuario de protección
 - Ropa aislante de protección para trabajos en instalaciones de baja tensión.

4.6.7 Riesgos y medidas preventivas en las actividades de obra

Carga y descarga de materiales. Almacenamiento en zonas de acopio

Antes del inicio de los trabajos, se requiere aprovisionar el material que será utilizado y almacenarlo de forma segura para su posterior utilización. Para ello, se utilizarán vehículos de transporte para llevar el material a la obra, así como un camión-grúa que eleve las cargas más pesadas a la cubierta.

No se prevé almacenar productos químicos.

- Riesgos más comunes
 - Vuelco de camión de transporte o camión-grúa
 - Atropellos
 - Accidentes por colisión con otras máquinas o vehículos
 - Desprendimiento de cargas suspendidas

- Interferencias con infraestructuras o edificios cercanos
 - Desprendimientos por mal apilado de la carga
 - Hundimiento de la cubierta por sobrecarga de la misma al concentrar cargas
 - Caídas a distinto nivel
 - Caídas al mismo nivel
 - Golpes, atrapamientos, cortes y erosiones con la carga
 - Sobresfuerzos por posturas inadecuadas.
- Medidas preventivas
 - Durante el transporte, los materiales estarán sujetos por eslingas o cuerdas para evitar su desplazamiento
 - El acopio se hará de forma ordenada, agrupando por género. El desembalaje se llevará a cabo cuando se vayan a utilizar
 - Las zonas de acopio estarán fuera de los lugares de paso
 - No se apilarán materiales por encima del límite establecido por el fabricante.
 - El material izado en la cubierta será repartido de forma que se eviten sobrecargas.
 - El personal encargado del manejo del camión-grúa contará con la formación teórica y práctica para el manejo de este
 - El gancho de izado dispondrá de limitador de ascenso y dispondrá de pestillo de seguridad en perfecto uso.
 - En ningún momento se realizará más de una maniobra a la vez
 - La maniobra de elevación se hará de forma pausada, de forma que, si el maquinista detecta algún defecto, pueda depositar la carga en un lugar seguro de forma inmediata
 - Antes de comenzar con el ascenso de la carga, se comprobará que la grúa funciona correctamente, tanto el giro y desplazamiento del carro como el descenso y elevación del gancho.
 - Todos los movimientos de la grúa se harán desde la cabina de mandos, realizado por la persona competente y auxiliado por un señalista si así lo precisa.
 - La grúa dispondrá de mecanismos de aviso ante sobrecargas y se recomienda para los trabajos ante la presencia de fuertes vientos que puedan provocar el vuelco del camión-grúa.
 - Nunca se operará antes de su arriostamiento al suelo firme mediante la colocación de gatos.
 - La zona será señalizada y se prohíbe la entrada en ella de todo el personal salvo el maquinista.
 - Se prohíbe a los trabajadores que entren en la zona del radio de acción, con especial cuidado a no situarse debajo de una carga en suspensión.
 - Protección colectiva
 - Se evitará que la carga vuele por zonas de paso o de trabajo
 - La carga será observada en todo momento durante su puesta en obra
 - El cable de elevación será revisado periódicamente, así como las eslingas y cuerdas.
 - Protección individual
 - Casco de seguridad
 - Guantes de seguridad
 - Botas de seguridad
 - Ropa de trabajo.

Montaje de estructura de soporte y paneles y montaje del sistema eléctrico en cubierta

Tras el acopio de materiales, se procederá a instalar la estructura y los paneles fotovoltaicos. Para ello se utilizarán herramientas manuales y taladros atornilladores a batería

- Riesgos más comunes
 - Caídas a distinto nivel.
 - Caídas al mismo nivel.
 - Golpes, atrapamientos, cortes y erosiones.
 - Sobresfuerzos por posturas inadecuadas.

- Golpes de calor por exposición prolongada a la radiación solar a altas temperaturas.
- Exposición a contactos eléctricos.
- Medidas preventivas
 - Organización diaria de los trabajos, para una buena disposición y distribución del personal, de la herramienta y del material
 - Se debe mantener la zona de trabajo limpia y ordenada.
 - Las herramientas deben encontrarse en buen estado de conservación.
 - Máquinas herramientas eléctricas portátiles, protegidas contra contactos eléctricos indirectos mediante doble aislamiento y utilización de bajas tensiones de alimentación, así como protección diferencial de alta sensibilidad (30mA).
 - Manipulación correcta de cargas, evitando realizar sobreesfuerzos y ayudándose de un compañero cuando la carga sea pesada o de difícil manipulación.
 - Suspensión de los trabajos ante condiciones meteorológicas adversas, como lluvia moderada o fuerte y vientos fuertes...
 - Hacer pausas a la sombra e hidratarse abundantemente, sobre todo en días de calor intenso.
 - Efectuar rotaciones entre los trabajadores que están trabajando en la cubierta.
 - Los trabajos se efectuarán en ausencia de tensión. Para ello se comprobará que los equipos y materiales efectivamente se encuentran sin tensión.
- Protección colectiva
 - Señalar debidamente las zonas de trabajo, así como las zonas de posible riesgo de caída mediante conos y cinta de baliza.
 - Instalación de líneas de vida temporales donde las líneas de vida existentes en las cubiertas sean insuficientes.
- Protección individual
 - Casco de seguridad.
 - Arnés de seguridad para situaciones con riesgo de caída
 - Guantes de seguridad
 - Botas de seguridad
 - Ropa de trabajo.
 - Gafas de protección contra impactos.
 - Uso de crema de protección UV.

Montaje del sistema eléctrico en el interior de la nave

Este consistirá en la colocación de las canalizaciones por el interior de nave, la colocación de los inversores el cuarto eléctrico y la conexión de estos al cuadro general de baja tensión que hay en el mismo cuarto. Todos los trabajos se llevarán a cabo en ausencia de tensión, por lo que habría que coordinar con la empresa el momento más oportuno para realizar la supresión de la tensión en el momento más adecuado.

- Riesgos más comunes
 - Caídas a distinto nivel.
 - Caídas al mismo nivel.
 - Golpes, atrapamientos, cortes y erosiones.
 - Sobreesfuerzos por posturas inadecuadas.
 - Contactos eléctricos.
 - Exposición a ruido y vibraciones.
 - Caída de objetos manipulados.
- Medidas preventivas
 - Organización diaria de los trabajos, para una buena disposición y distribución del personal, de la herramienta y del material
 - Se debe mantener la zona de trabajo limpia y ordenada.
 - Las herramientas deben encontrarse en buen estado de conservación.

- Máquinas herramientas eléctricas portátiles, protegidas contra contactos eléctricos indirectos mediante doble aislamiento y utilización de bajas tensiones de alimentación, así como protección diferencial de alta sensibilidad (30mA).
- Manipulación correcta de cargas, evitando realizar sobreesfuerzos y ayudándose de un compañero cuando la carga sea pesada o de difícil manipulación.
- Los trabajos se realizarán sin tensión.
- Se debe comprobar la ausencia de esta.
- Protección colectiva
 - Señalizar debidamente las zonas de trabajo, así como las zonas de posible riesgo de caída mediante conos y cinta de baliza.
 - La zona de trabajo debe estar bien iluminada.
- Protección individual
 - Casco de seguridad.
 - Arnés de seguridad para situaciones con riesgo de caída
 - Guantes de seguridad
 - Botas de seguridad
 - Ropa de trabajo.
 - Gafas de protección contra impactos.
 - Uso de protección auditiva

4.6.8 Riesgos y medidas preventivas en la maquinaria y herramienta de obra

Camión Grúa

- Riesgos más comunes
 - Vuelco del camión.
 - Choque contra otros vehículos.
 - Atrapamientos.
 - Caídas al subir o bajar a la zona de mandos.
 - Atropello de personas.
 - Desplome de la carga.
 - Golpes por la carga.
- Medidas preventivas
 - El gancho de izado dispondrá de limitador de ascenso y dispondrá de pestillo de seguridad en perfecto uso.
 - En ningún momento se realizará más de una maniobra a la vez.
 - La maniobra de elevación de la carga será lenta, de manera que si el maquinista detectase algún defecto depositará la carga en el origen inmediatamente.
 - Antes de utilizar la grúa, se comprobará el correcto funcionamiento del giro y desplazamiento del carro y el descenso y elevación del gancho.
 - Todos los movimientos de la grúa se harán desde la cabina de mandos, realizados por persona competente, auxiliado por el señalista.
 - Dispondrá de un mecanismo de seguridad contra sobrecargas, y es recomendable, si se prevén fuertes vientos, dejar de trabajar para evitar riesgos por vuelco.
 - Nunca se operará con la pluma si con anterioridad no se ha procedido al arrostramiento de la misma con la colocación de los gatos en suelo firme.
- Protección colectiva
 - Se evitará volar la carga sobre otras personas que estén trabajando.
 - La carga será observada en todo momento durante su puesta en obra.
 - El cable de elevación se comprobará periódicamente.
- Protección individual

- Casco de seguridad.
- Guantes de seguridad.
- Botas de seguridad.
- Ropa de trabajo de algodón 100%.

Taladro Portátil

- Riesgos más comunes.
 - Contactos eléctricos indirectos.
 - Atrapamientos.
 - Erosiones en las manos.
 - Cortes.
 - Golpes con fragmentos en el suelo.

- Medidas preventivas
 - En esta obra, las taladradoras manuales estarán provistas de doble aislamiento eléctrico.
 - Serán reparados por personal especializado.
 - El encargado de seguridad comprobará diariamente el buen estado de los taladros portátiles, retirando del servicio aquellas máquinas que ofrezcan deterioros que impliquen riesgos para los operarios.
 - Se prohíbe expresamente depositar en el suelo o dejar abandonado conectado a la red eléctrica el taladro.
 - Tome sus precauciones y evite las conexiones directas hilo-enchufe, con ayuda de pequeñas cuñitas de madera.

- Protección individual
 - Casco de seguridad.
 - Botas de seguridad.
 - Guantes de seguridad.
 - Ropa de trabajo adecuada.

Radial eléctrica

- Riesgos más comunes.
 - Contactos eléctricos indirectos.
 - Atrapamientos.
 - Erosiones en las manos.
 - Cortes.
 - Golpes con fragmentos en el suelo.
 - Proyecciones de partículas
 - Inhalación de polvo u otros residuos
 - Altos niveles de ruido que pueden perjudicar los oídos.

- Medidas preventivas
 - En esta obra, las radiales eléctricas estarán provistas de doble aislamiento eléctrico.
 - Serán reparados por personal especializado.
 - El encargado de seguridad comprobará diariamente el buen estado de las radiales así como de los discos empleados para el corte, retirando del servicio aquellas máquinas que ofrezcan deterioros que impliquen riesgos para los operarios y sustituyendo los discos que estuvieran gastados o en malas condiciones.
 - Se prohíbe expresamente depositar en el suelo o dejar abandonado conectado a la red eléctrica el taladro.
 - Tome sus precauciones y evite las conexiones directas hilo-enchufe, con ayuda de pequeñas cuñitas de madera.

- Protección individual
 - Casco de seguridad.

- Botas de seguridad.
- Guantes de seguridad.
- Ropa de trabajo adecuada.
- Gafas de protección.
- Tapones de protección auditiva.
- En el caso de corte de materiales que despidan polvo, uso de mascarilla.

Herramientas Manuales

- Riesgos más comunes
 - Descargas eléctricas.
 - Proyección de partículas.
 - Caídas en altura.
 - Ambiente ruidoso.
 - Generación de polvo.
 - Explosiones e incendios.
 - Cortes.

- Medidas preventivas
 - Todas las herramientas eléctricas, estarán dotadas de doble aislamiento de seguridad.
 - El personal que utilice estas herramientas ha de conocer las instrucciones de uso.
 - Las herramientas serán revisadas periódicamente, de manera que se cumplan las instrucciones de conservación del fabricante.
 - 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.
 - La desconexión de las herramientas no se hará con un tirón brusco.
 - No se utilizará unas herramientas eléctricas sin enchufe. Si hubiera necesidad de emplear mangueras de extensión, éstas se harán de la herramienta al enchufe y nunca a la inversa.
 - Los trabajos con estas herramientas se realizarán siempre en posición estable.

- Protección colectiva
 - Zona de trabajo limpias y ordenadas.
 - Las mangueras de alimentación a herramientas estarán en buen uso.
 - Los huecos estarán protegidos con barandillas.

- Protección individual
 - Casco de seguridad.
 - Botas de seguridad.
 - Protectores auditivos.
 - Gafas de protección.
 - Arnés de seguridad para trabajos en altura.
 - Guantes de seguridad.
 - Ropa de trabajo adecuada.

4.6.9 Riesgos y medidas preventivas en los medios auxiliares de la Obra

Escalera de Mano

- Riesgos más comunes
 - Caídas.
 - Caídas a niveles inferiores, debidos a la mala colocación de las mismas, por rotura de algún peldaño, deslizamiento de la base por excesiva inclinación o estar el suelo mojado.
 - Golpes con la escalera al manejarla de forma incorrecta.

- Medidas preventivas
 - Se colocarán apartadas de elementos móviles que pueda derribarlas.

- Estarán fuera de las zonas de paso.
 - Los largueros serán de una sola pieza, con los peldaños ensamblados.
 - El apoyo superior se hará sobre elementos resistentes y planos.
 - Los ascensos y descensos se harán siempre de frente a ellas.
 - Las escaleras dobles o de tijera estarán provistas de cadenas o cables que impidan que éstas se abran al utilizarlas.
 - La inclinación de las escaleras será aproximadamente de 75 grados, que equivale a estar separada de la vertical la cuarta parte de la longitud entre los apoyos
- Protección colectiva
 - Zona de trabajo limpias y ordenadas.
 - Protección individual
 - Casco de seguridad.
 - Guantes de seguridad.
 - Botas de seguridad.
 - Ropa de trabajo de algodón 100%.
 - Arnés de seguridad.

4.6.10 Riesgos y medidas preventivas de daños a terceros

Debido a que la obra se realiza en zona urbana, con presencia de personas ajenas, y que el acotamiento total de algunas zonas puede resultar imposible, hay que prestar especial atención a los posibles riesgos de daños a terceras personas, a bienes muebles e inmuebles y a vehículos.

- Riesgos más comunes
 - Caídas de personas al mismo o distinto nivel.
 - Accidentes de vehículos ajenos a la obra con elementos de la misma.
 - Ruido.
 - Polvo.
 - Atropellos de maquinaria de la obra.
- Protección colectiva
 - Acotamiento de accesos de la obra mediante vallado.
 - Vallas de limitación y protección para vehículos y peatones.
 - Vallas de seguridad y protección para huecos horizontales y verticales (para su instalación a modo de barandilla).
 - Señalización.
 - Tapas de madera para cubrir los huecos horizontales.
 - Correcta señalización de seguridad y salud de acuerdo con el Real Decreto 485/97.

4.6.11 Protección de manos y brazos

Guantes de protección contra riesgos mecánicos de uso general

Definición:

- Protección por igual: Guante que está fabricado con el mismo material y que está construido de modo que ofrezca un grado de protección uniforme a toda la superficie de la mano.
- Protección específica: Guante que está construido para proporcionar un área de protección aumentada a una parte de la mano.

Pictograma: Resistencia a Riesgos Mecánicos (UNE-EN 420)

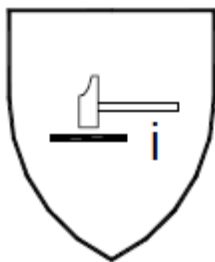


Figura 4-1: Pictograma resistencia a riesgos mecánicos

Propiedades mecánicas:

Se indicarán mediante el pictograma y cuatro cifras:

- Primera cifra: Nivel de prestación para la resistencia a la abrasión
- Segunda cifra: Nivel de prestación para la resistencia al corte por cuchilla
- Tercera cifra: Nivel de prestación para la resistencia al rasgado
- Cuarta cifra: Nivel de prestación para la resistencia a la perforación

Marcado:

Los guantes se marcarán con la siguiente información:

- Nombre, marca registrada o identificación del fabricante
- Designación comercial del guante
- Talla
- Marcado relativo a la fecha de caducidad

Las marcas deberán ser duraderas y no se añadirán otras marcas o inscripciones que se confundan con las anteriores

Requisitos establecidos por el RD 1407/1992:

- Certificado CE expedido por un organismo notificado.
- Declaración de Conformidad.
- Folleto informativo.

Norma EN aplicable:

- UNE-EN 388: Guantes de protección contra riesgos mecánicos.
- UNE-EN 420: Requisitos generales para guantes.

Información destinada a los Usuarios:

Conforme establece la actual normativa, el EPI será suministrado por el fabricante con un folleto informativo que deberá ir en el idioma español y en el cual se especifiquen las condiciones de utilización, empleo, características y mantenimiento del mismo.

4.6.12 Protección de pies y piernas

Calzado de uso general

Definición:

El calzado de protección para uso profesional es el que incorpora elementos de protección destinados a proteger al usuario de las lesiones que pudieran provocar los accidentes, en aquellos sectores de trabajo para los que el calzado ha sido concebido, y que está equipado por topes diseñados para ofrecer protección frente al impacto cuando se ensaye con un nivel de energía de 100 J.

Marcado:

Cada ejemplar de calzado de seguridad se marcará con la siguiente información:

- Nombre, marca registrada o identificación del fabricante
- Designación comercial
- Talla
- Marcado relativo a la fecha de fabricación (al menos el trimestre y año)
- El número de esta norma EN-346
- Los símbolos correspondientes a la protección ofrecida o, donde sea aplicable la categoría correspondiente:
 - P: Calzado completo resistente a la perforación
 - C: Calzado completo resistencia eléctrica. Calzado conductor.
 - A: Calzado completo resistencia eléctrica. Calzado antiestático.
 - HI: Calzado completo resistente a ambientes agresivos. Aislamiento frente al calor.
 - CI: Calzado completo resistente a ambientes agresivos. Aislamiento frente al frío.
 - E: Calzado completo. Absorción de energía en la zona del tacón.
 - WRU: Empeine. Penetración y absorción de agua.
 - HRO: Suela. Resistencia al calor por contacto.
- Clase:
 - Clase I: Calzado fabricado con cuero y otros materiales.
 - Clase II: Calzado todo de caucho (vulcanizado) o todo polimérico (moldeado)

Las marcas deberán ser duraderas y no se añadirán otras marcas o inscripciones que se confundan con las anteriores.

Requisitos establecidos por el RD 1407/1992:

- Certificado CE expedido por un organismo notificado.
- Declaración de Conformidad
- Folleto informativo

Norma EN aplicable:

- UNE-EN ISO 20344: Calzado de seguridad, calzado de protección y calzado de trabajo para uso profesional. Parte 1: Requisitos y métodos de ensayo.
- UNE-EN ISO 20344: Calzado de seguridad, calzado de protección y calzado de trabajo para uso profesional. Parte 2: Requisitos adicionales y métodos de ensayo.
- UNE-EN ISO 20346: Especificaciones para el calzado de protección de uso profesional.
- UNE-EN ISO 20346: Calzado de protección para uso profesional. Parte 2: Especificaciones adicionales.

Información destinada a los Usuarios:

Conforme establece la actual normativa, el EPI será suministrado por el fabricante con un folleto informativo que deberá ir en el idioma español y en el cual se especifiquen las condiciones de utilización, empleo, características y mantenimiento del mismo.

Calzado de seguridad, protección y trabajo de uso profesional aislamiento frente al calor

Definición:

El calzado de seguridad, protección y trabajo para uso profesional son los que incorporan elementos de protección destinados a proteger al usuario de las lesiones que pudieran provocar los accidentes, en aquellos sectores de trabajo para los que el calzado ha sido concebido.

Marcado:

Cada ejemplar de calzado de seguridad se marcará con la siguiente información:

- Nombre, marca registrada o identificación del fabricante
- Designación comercial
- Talla

- Marcado relativo a la fecha de fabricación (al menos el trimestre y año)
- El número de norma EN-344 y según se trate de calzado de seguridad, protección o trabajo:
 - Calzado de Seguridad *equipado por topes diseñados para ofrecer protección frente al impacto cuando se ensaye con un nivel de energía de 200 J.*: EN-345
 - Calzado de Protección *equipado por topes diseñados para ofrecer protección frente al impacto cuando se ensaye con un nivel de energía de 100 J.*: EN-346
 - Calzado de Trabajo *sin llevar topes de protección contra impactos en la zona de la puntera*: EN-347
- Los símbolos correspondientes a la protección ofrecida o, donde sea aplicable la categoría correspondiente:
 - P: Calzado completo resistente a la perforación
 - C: Calzado completo resistencia eléctrica. Calzado conductor.
 - A: Calzado completo resistencia eléctrica. Calzado antiestático.
 - HI: Calzado completo resistente a ambientes agresivos. Aislamiento frente al calor.
 - CI: Calzado completo resistente a ambientes agresivos. Aislamiento frente al frío.
 - E: Calzado completo. Absorción de energía en la zona del tacón.
 - WRU: Empeine. Penetración y absorción de agua.
 - HRO: Suela. Resistencia al calor por contacto.
- Clase:
 - Clase I: Calzado fabricado con cuero y otros materiales.
 - Clase II: Calzado todo de caucho (vulcanizado) o todo polimérico (moldeado)

Las marcas deberán ser duraderas y no se añadirán otras marcas o inscripciones que se confundan con las anteriores.

Requisitos establecidos por el RD 1407/1992:

- Certificado CE expedido por un organismo notificado
- Declaración de Conformidad
- Folleto informativo

Norma EN aplicable:

- UNE-EN ISO 20344 Requisitos y métodos de ensayo para el calzado de seguridad, calzado de protección y calzado de trabajo para uso profesional.
- UNE-EN ISO 20344: Parte 2: Requisitos adicionales y métodos de ensayo.
- UNE-EN 345-1: Especificaciones del calzado de seguridad de uso profesional.
- UNE-EN ISO 20345: Parte 2: Especificaciones adicionales.
- UNE-EN ISO 20346: Especificaciones del calzado de protección de uso profesional.
- UNE-EN ISO 20346: Parte 2: Especificaciones adicionales.
- UNE-EN ISO 20347: Especificaciones del calzado de trabajo de uso profesional.
- UNE-EN ISO 20347: Especificaciones adicionales.

Información destinada a los Usuarios:

Conforme establece la actual normativa, el EPI será suministrado por el fabricante con un folleto informativo que deberá ir en el idioma español y en el cual se especifiquen las condiciones de utilización, empleo, características y mantenimiento del mismo.

4.6.13 Vestuario de protección

Vestuario de protección contra el mal tiempo

Definición:

Ropas de protección contra la influencia de ambientes caracterizados por la posible combinación de lluvia, niebla, humedad del suelo y viento a temperaturas de -5°C y superiores.

Pictograma: Protección contra el frío (sobre el forro) y contra el mal tiempo (sobre la prenda).

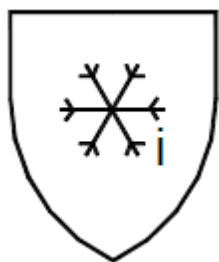


Figura 4-2: Pictograma
Protección contra el frío



Figura 4-3: Pictograma
Protección contra el
mal tiempo

Propiedades:

Se indicarán además del pictograma (ver norma UNE-EN 342 para detalle):

- Valor de aislamiento básico: X
- Clase de permeabilidad: Y
- Clase de resistencia al vapor de agua: Z

Marcado:

Se marcará con la siguiente información:

- Nombre, marca registrada o identificación del fabricante
- Designación comercial
- El número de norma: EN-343
- Talla
- Instrucciones de cómo ponérsela o quitársela, usos, advertencias en caso de mal uso, etc.

Las marcas deberán ser duraderas y no se añadirán otras marcas o inscripciones que se confundan con las anteriores.

Requisitos establecidos por el RD 1407/1992:

- Declaración CE de Conformidad.
- Folleto informativo.

Norma EN aplicable:

- UNE-ENV 343: Ropas de protección. Protección contra las intemperies.
- EN ISO 13688: Requisitos generales para la ropa de protección.

Información destinada a los Usuarios:

Conforme establece la actual normativa, el EPI será suministrado por el fabricante con un folleto informativo que deberá ir en el idioma español y en el cual se especifiquen las condiciones de utilización, empleo, características y mantenimiento del mismo.

4.6.14 Ropa aislante de protección para trabajos en instalaciones de baja tensión

Definición:

La ropa de protección aislante de la electricidad es una ropa de protección que proviene frente al riesgo de paso de una corriente peligrosa a través del cuerpo humano.

Pictograma: Marcado en el producto en la superficie exterior de cada una de las solapas de los bolsillos y mono deberá quedar marcado el símbolo que se observa.

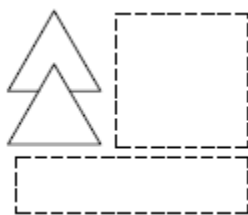


Figura 4-4: Pictograma protección aislante de la electricidad

Marcado:

Se marcará con la siguiente información en la superficie interior de la ropa:

- Nombre, marca registrada o identificación del fabricante
- Designación comercial
- Año y mes de fabricación
- Número de serie
- Tipo o código de identificación
- El número de norma: EN-50286
- Talla de acuerdo con la norma EN ISO 13688
- Instrucciones para lavado y limpieza
- Instrucciones de cómo ponérsela o quitársela, usos, advertencias en caso de mal uso, etc.

Las marcas deberán ser duraderas y no se añadirán otras marcas o inscripciones que se confundan con las anteriores.

Requisitos establecidos por el RD 1407/1992:

- Certificado CE expedido por un organismo notificado.
- Adopción por parte del fabricante de un sistema de garantía de Calidad CE.
- Declaración de Conformidad
- Folleto informativo

Norma EN aplicable:

- UNE-EN 50286: Ropa aislante de protección para trabajos e instalaciones de baja tensión.
- EN ISO 13688: Requisitos generales para la ropa de protección

Información destinada a los Usuarios:

Conforme establece la actual normativa, el EPI será suministrado por el fabricante con un folleto informativo que deberá ir en el idioma español y en el cual se especifiquen las condiciones de utilización, empleo, características y mantenimiento del mismo.

4.7 Formación e Información para trabajos en instalaciones de baja tensión

4.7.1 Criterios Geneales

Justificación.

La Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales establece en el Artículo 19 establece:

Artículo 19: Formación de los trabajadores

1. En cumplimiento del deber de protección, el empresario deberá garantizar que cada trabajador reciba una formación teórica y práctica, suficiente y adecuada, en materia preventiva, tanto en el momento de su contratación, cualquiera que sea la modalidad o duración de ésta, como cuando se produzcan cambios en las funciones que desempeñe o se introduzcan nuevas tecnologías o cambios en los equipos de trabajo.

La formación deberá estar centrada específicamente en el puesto de trabajo o función de cada trabajador, adaptarse a la evolución de los riesgos y a la aparición de otros nuevos y repetirse periódicamente, si fuera necesario.

Por otro lado, la Ley 54/2003 introduce "Modificaciones en la Ley sobre infracciones y sanciones en el orden social", mediante el *Artículo decimoprimer*o. *Infracciones muy graves en materia de prevención de riesgos laborales*:

Uno. El apartado 8 del Artículo 13 de la "Ley de infracciones y sanciones en el orden social", queda redactado de la siguiente forma:

8.a) No adoptar el promotor o el empresario titular del centro de trabajo, las medidas necesarias para garantizar que aquellos otros que desarrollen actividades en el mismo reciban la información y las instrucciones adecuadas, en la forma y con el contenido y alcance establecidos en la normativa de prevención de riesgos laborales, sobre los riesgos y las medidas de protección, prevención y emergencia cuando se trate de actividades reglamentariamente consideradas como peligrosas o con riesgos especiales.

Sistema de Formación e Información.

Tal y como se aprecia, es una obligación empresarial del Contratista, realizar dicha formación, la cual es a su vez fundamental para optimizar los resultados en materia de prevención de riesgos de la obra. Esta formación se dará por medio de "*Fichas*", quedando registrada documentalmente la entrega y la recepción por parte del trabajador, e incluirá:

- Los procedimientos seguros de trabajo
- Los riesgos de su actividad en la obra y las medidas preventivas
- El uso correcto de los EPIS que necesita.
- La utilización correcta de las protecciones colectivas.
- La señalización utilizada en obra.
- Las actuaciones en caso de accidente, situación de emergencia, etc.
- Los teléfonos de interés.

5 PRESUPUESTO

5.1 Resumen del presupuesto

El presupuesto general se compone de las siguientes partidas:

Presupuesto ejecución material	58.758,24 €
Gastos Generales (13%)	7.638,57 €
Beneficio industrial (6%)	3.525,49 €
I.V.A. (21%)	14.683,68 €
Total presupuesto general	84.605,99 €

Asciende el presupuesto general a **ochenta y cuatro mil seiscientos cinco euros con noventa y nueve céntimos**.

5.2 Desglose de la ejecución material

5.2.1 Instalación fotovoltaica

Código	Resumen	Cantidad	Precio	Importe
01.01	PANEL SOLAR 460 W			
	Suministro e instalación de paneles solares, de 144 células monocristalinas de alto rendimiento, potencia nominal en el punto de máxima potencia Pmpp de 460 W, eficiencia del panel del 20,63 %, dimensiones LxAxA 2008x1002x40 mm, peso 23,5 kg con marco. Incluye caja de conexión con			

	grado de protección IP68, cable de 4 mm ² en cobre de 1,1 m de longitud y sistema de enchufe hembra IP68. Incluso accesorios de montaje y material de conexionado eléctrico, sin incluir la estructura de soporte. Totalmente conexionado, probado y montado.			
		301,00	120,50	36.270,50
01.02	INVERSOR DE RED TRIFÁSICO HUAWEI 36KTL			
	<p>Inversor trifásico HUAWEI 2000SUN 36KTL multi-string para uso doméstico, industrial y en instalaciones fotovoltaicas de campo, de 36 kW de potencia nominal en salida en CA, y máxima potencia 40 kW. Indicado para potencias de campo entre 34-45 kW. Corriente máxima de salida CA 48 A, tensión nominal 400 V, rango de tensión de entrada en los MPP1-2 200-1000 V, corriente máxima por MPPT 40 A, THD < 3%.</p> <p>Sistema MPPT, eficiencia máxima 98,5%, comunicaciones RS-485 de serie, Software INGECON SUN Manager para la visualización de parámetros y el registro de datos de la planta, apto para instalaciones interiores y exteriores (IP65). Todos los modelos incluyen descargadores tipo 3 DC y AC, fusibles DC, medición de las corrientes de entrada, seccionador DC y descargadores DC tipo 2</p>			
		1,00	2.480,00	2.480,00
01.03	INVERSOR DE RED TRIFÁSICO HUAWEI 60KTL			
	<p>Inversor trifásico HUAWEI 2000SUN 60KTL multi-string para uso doméstico, industrial y en instalaciones fotovoltaicas de campo, de 60 kW de potencia nominal en salida en CA, y máxima potencia 60 kW. Indicado para potencias de campo entre 55-75 kW. Corriente máxima de salida CA 48 A, tensión nominal 400 V, rango de tensión de entrada en los MPP1-2 200-1000 V, corriente máxima por MPPT 40 A, THD < 3%.</p> <p>Sistema MPPT, eficiencia máxima 98,5%, comunicaciones RS-485 de serie, Software INGECON SUN Manager para la visualización de parámetros y el registro de datos de la planta, apto para instalaciones interiores y exteriores (IP65). Todos los modelos incluyen descargadores tipo 3 DC y AC, fusibles DC, medición de las corrientes de entrada, seccionador DC y descargadores DC tipo 2</p>			

		1,00	2.978,00	2.978,00
01.04	ESTRUCTURA COPLANAR CUBIERTA METÁLICA			
	Estructura soporte para módulos fotovoltaicos en cubierta, con disposición coplanar. Fabricada en aluminio de primera aleación T6 y posterior anodizado para mayor protección a la corrosión y efectos ambientales. Tornillería en acero inoxidable A4 (AISI 316). Tornillería para montaje de módulos a estructura en acero inoxidable M8 DIN 912 y tuerca martillo. Totalmente terminado.			
		301,00	19,00	5719,00
01.05	SISTEMA MONITORIZACIÓN			
		1,00	377,21	377,21
	TOTAL INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA			47.824,71

5.2.2 Instalación eléctrica

Código	Resumen	Cantidad	Precio	Importe
02.01	CONDUCTOR SOLAR H1Z2Z2-K 1,8 kV de 1x6 mm ² Cu			
	Conductor solar H1Z2Z2-K 1,8 kV de 1x6 mm ² de sección en cobre estañado, con parte proporcional de bridas resistentes a UV para fijación de cables a estructura soporte, conectores multicontact MC4 para cable hasta 6 mm ² , cajas de conexión, etc. Totalmente instalado y probado			
		2.250,00	2,20	4.950,00
02.02	CONDUCTOR RZ1-K 0,6/1kV CPR de 1x25 mm ² Cu			
	Conductor para cableado en baja tensión DC, RZ1-K 0,6/1kV Clase Cca-s1b, d1, a1 de 1x25 mm ² de sección en cobre. Incluso parte proporcional de bridas resistentes UV para fijación, terminales y etiquetas identificativas. Totalmente instalado y conexionado			
		10,00	2,84	28,40
02.03	BANDEJA METÁLICA 150X60 CM			
	Bandeja metálica con cubierta, galvanizada en caliente, para transporte de cables de			

	dimensiones 150x60 mm, incluso p/p de derivaciones en T, esquinas y piezas soporte, totalmente instalada.			
		250,00	9,20	2.300,00
02.04	TUBO PVC RÍGIDO 50 MM			
	Suministro e instalación fija en superficie de canalización de tubo de PVC, serie B, de 50 mm de diámetro y 3 mm de espesor. Incluso accesorios y piezas especiales.			
		6,00	6,76	40,56
02.05	CUADRO PROTECCIONES AC 60 KW			
	<p>Cuadro de protección AC hasta 60 kW, trifásico, compuesto por los siguientes elementos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1 Ud. Armario metálico, con grado de protección IP 41 o superior, según normas IEC 61439-1 y 2. - 1 Ud. Interruptor automático tetrapolar de 100 A, con unidad de control magnetotérmica de 100 A, Icc 50 kA en 380/415 V CA 50/60Hz (IEC 60947-2), con relé diferencial más transformador toroidal, regulable en tiempo y en intensidad. - 1 Ud. Protector descargador de sobretensiones 3P+N 230/400, 1,4 Up (kV), 15 kA, Tipo II. <p>Totalmente montado, conexionado, probado e instalado.</p>			
		1,00	591,00	591,00
02.06	CUADRO PROTECCIONES AC 36 KW			
	<p>Cuadro de protección AC hasta 36 kW, trifásico, compuesto por los siguientes elementos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1 Ud. Armario metálico, con grado de protección IP 41 o superior, según normas IEC 61439-1 y 2. - 1 Ud. Interruptor automático tetrapolar de 63 A, con unidad de control magnetotérmica de 100 A, Icc 50 kA en 380/415 V CA 50/60Hz (IEC 60947-2), con relé diferencial más transformador toroidal, regulable en tiempo y en intensidad. - 1 Ud. Protector descargador de sobretensiones 3P+N 230/400, 1,4 Up (kV), 15 kA, Tipo II. <p>Totalmente montado, conexionado, probado e instalado</p>			
		1,00	591,00	591,00

02.07	P.T. CABLE 6 MM2 H07V-K			
	Cable de puesta a tierra instalada con cable de cobre de un conductor H07V-K de 6 mm ² de sección nominal; construido según REBT y normas de la compañía suministradora. Medida la longitud ejecutada.			
		160,00	1,68	268,80
02.08	RED TIERRA CIRCUITO AC			
	Red de toma de tierra principal, con cable RZ1K de 1x35 mm ² 0,6/1 kV. Totalmente instalado.			
		10,00	3,60	36,00
02.09	CONDUCTOR RZ1-K 0,6/1kV CPR de 1x35 mm ² Cu			
	Conductor para cableado en baja tensión DC, RZ1-K 0,6/1kV Clase Cca-s1b, d1, a1 de 1x35 mm ² de sección en cobre. Incluso parte proporcional de bridas resistentes UV para fijación, terminales y etiquetas identificativas. Totalmente instalado y conexionado			
		10,00	7,10	71,00
02.10	TOMA DE TIERRA CON PICA			
	Toma de tierra independiente con pica de acero cobrizado 2 m de longitud y 14,3 mm de diámetro, 20 m cable de cobre de 35 mm ² , unido mediante soldadura aluminotérmica, incluida arqueta.			
		1,00	44,65	44,65
02.11	INTERRUPTOR CAJA MOLDEADA 160A			
		1,00	246,12	246,12
	TOTAL INSTALACIÓN ELÉCTRICA			9.167,53

5.2.3 Gestión de residuos

Código	Resumen	Cantidad	Precio	Importe
03.01	GESTIÓN DE RESIDUOS			
	Partida alzada para gestión de residuos en obra			
		1,00	159,00	159,00

	TOTAL GESTIÓN DE RESIDUOS			159,00
--	---------------------------	--	--	--------

5.2.4 Seguridad y salud

Código	Resumen	Cantidad	Precio	Importe
04.01	SEGURIDAD Y SALUD			
	Partida alzada para seguridad y salud en obra			
		1,00	480,00	480,00
	TOTAL SEGURIDAD Y SALUD			480,00

5.2.5 Medios auxiliares

Código	Resumen	Cantidad	Precio	Importe
05.01	MEDIOS AUXILIARES DE ELEVACIÓN			
	Camión Grúa para elevación de materiales hasta cubierta de 15 T de capacidad máxima			
		16,00	45,00	720,00
	TOTAL MEDIOS AUXILIARES DE ELEVACIÓN			720,00

5.2.6 Control de calidad

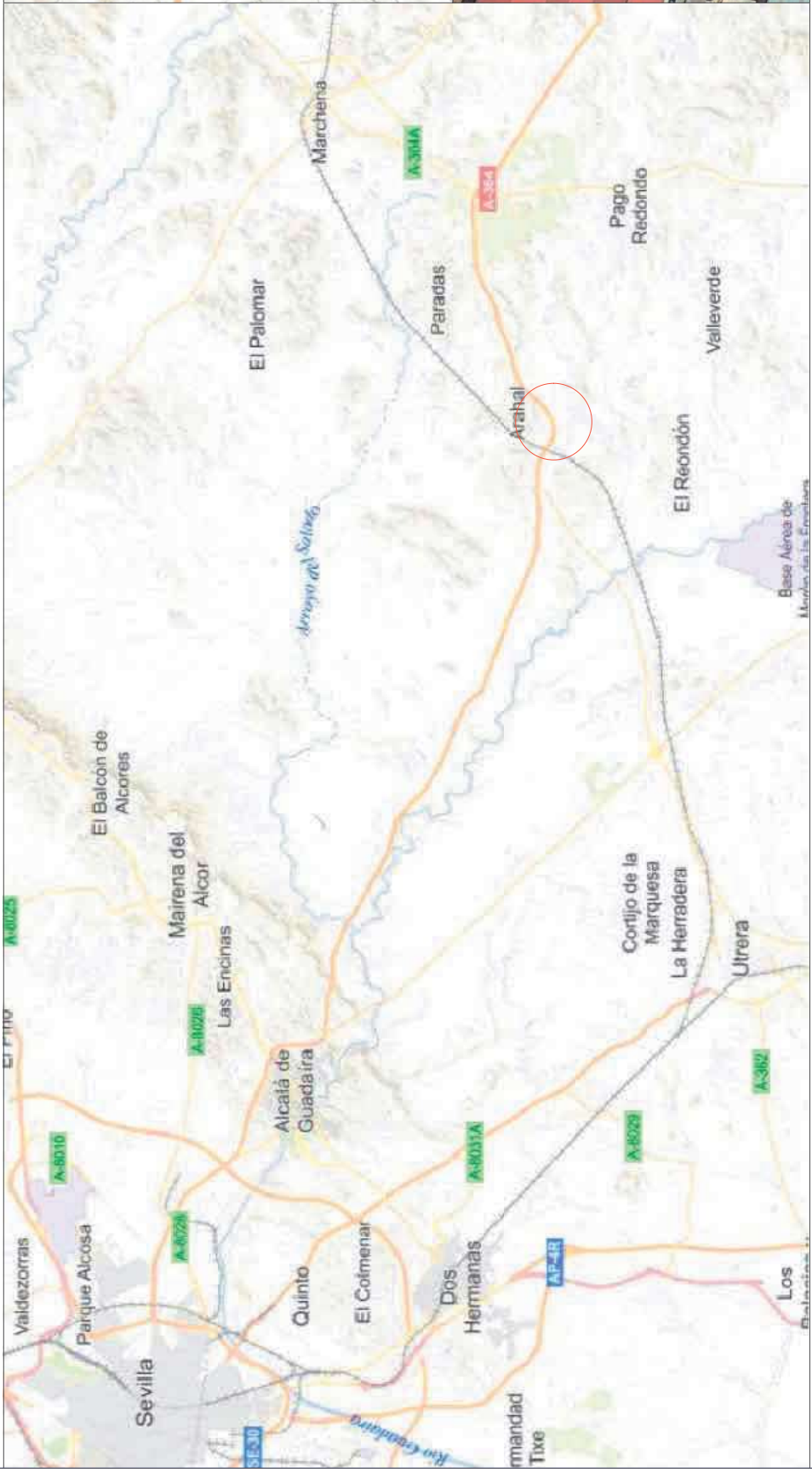
Código	Resumen	Cantidad	Precio	Importe
06.01	INSPECCION OCA			
		1,00	407,00	407,00
	TOTAL CONTROL CALIDAD			407,00

6 ANEXOS

6.1 Planos

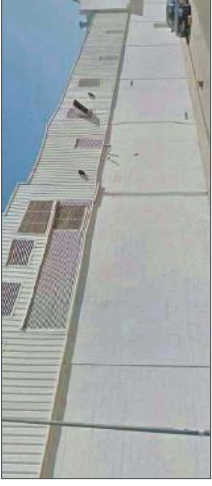
En las siguientes páginas se incluirán los siguientes planos:

1. Emplazamiento y Situación
2. Estado actual de la cubierta
3. Disposición de los paneles
4. Distribución de los strings
5. Esquema unifilar de la instalación eléctrica

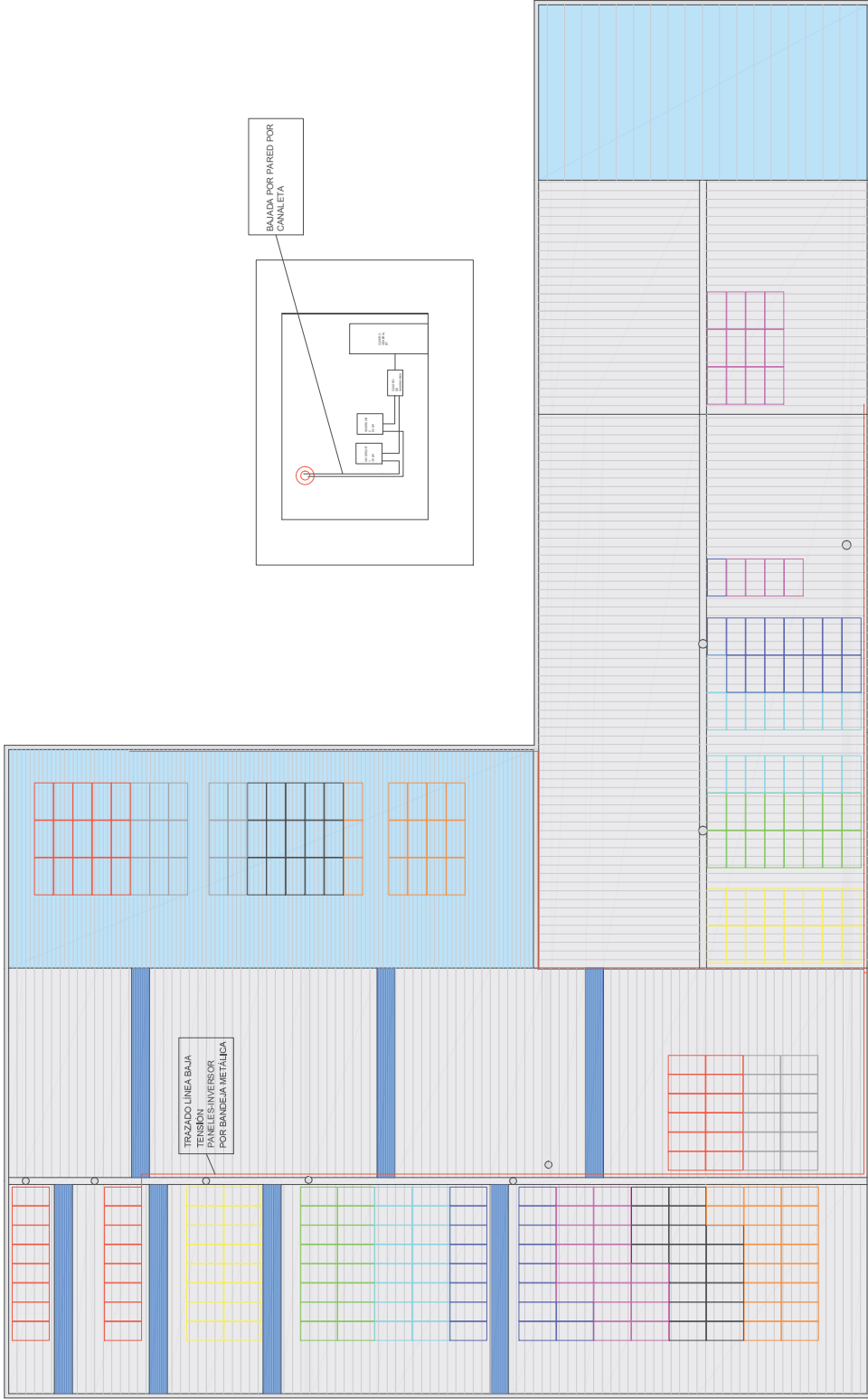


UBICACIÓN:

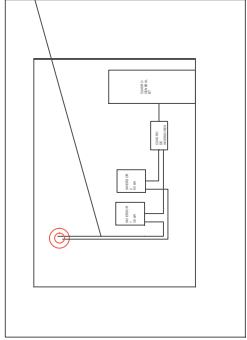
O	CONTRATO	J.M	Nombre	Firma	Nombre	Firma	Nombre	Firma	Emisión
Edic.	Fecha	Elaborado	Revisado	Aprobado	Revisado	Aprobado	Revisado	Aprobado	Descripción
Observaciones :									
Material:									
Acabado:									
Tolerancias:									
Escala S/E									
INSTALACION AUTOCONSUMO FOTOVOLTAICO 100 KW N° Plano									
SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO									
									1
									Hoja N°:



O		JIM		Emisión	
Edic.	Fecha	Nombre	Elaborado	Nombre	Firma
Observaciones :		Revisado	Aprobado	Descripción	
Material:					
Acabado:					
Tolerancias:					
Escala		INSTALACION AUTOCONSUMO FOTOVOLTAIC 100 KW		N° Plano	
S/E		EMPLAZAMIENTO		2	
				Hojas: Hoja N°:	



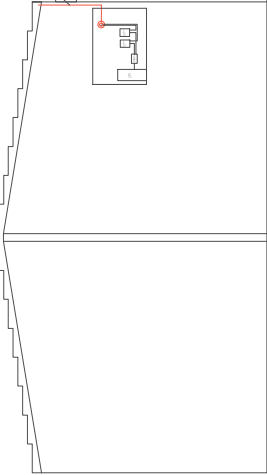
BAJADA POR PARED POR CANALETA



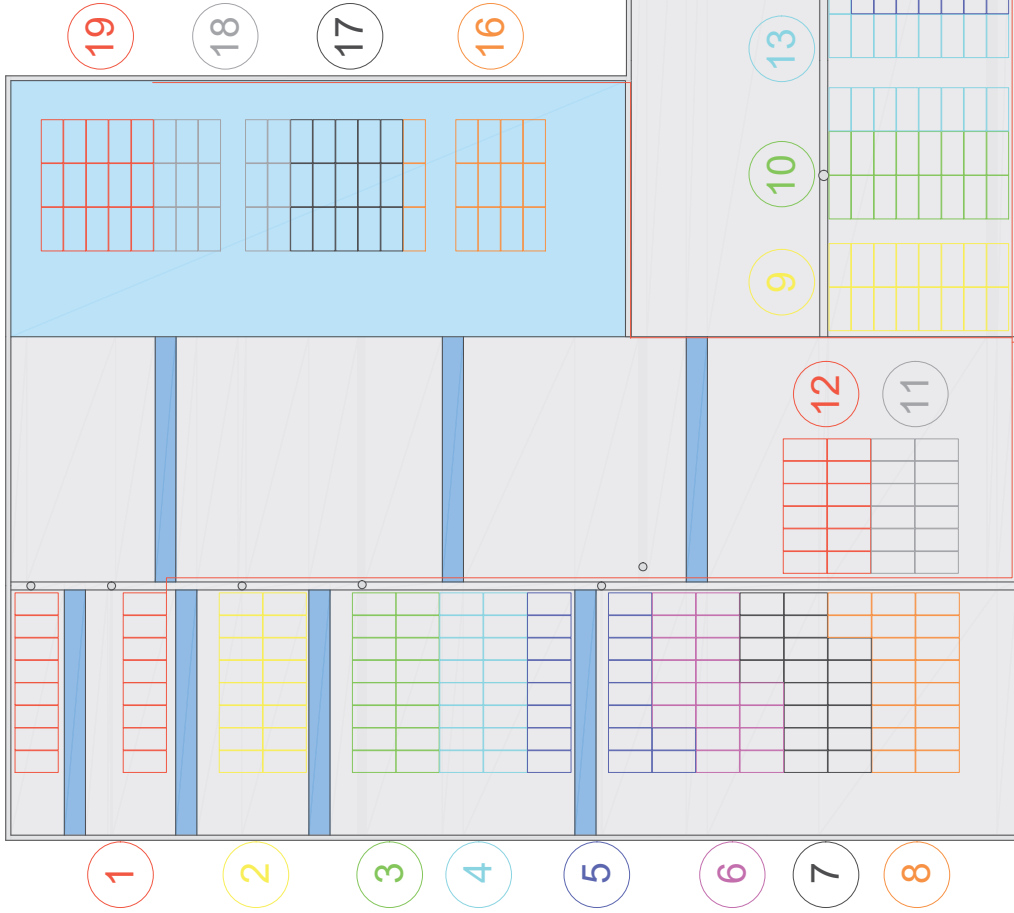
TRAZADO LINEA BAJA TENSION PANELES INVERSOR POR BANDEJA METALICA

BAJADA DE BANDEJA MEDIANTE CALO

BAJADA POR FACHADA POR TUBO METALICO

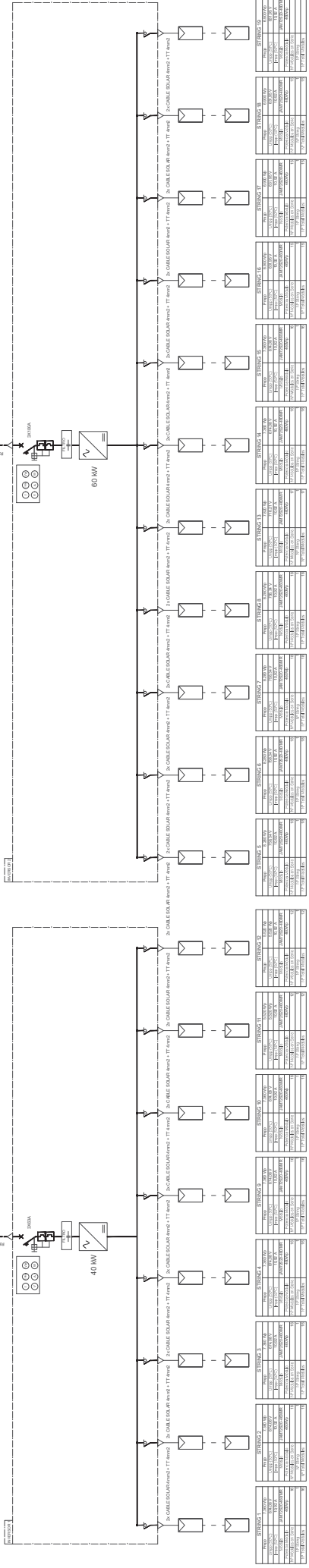
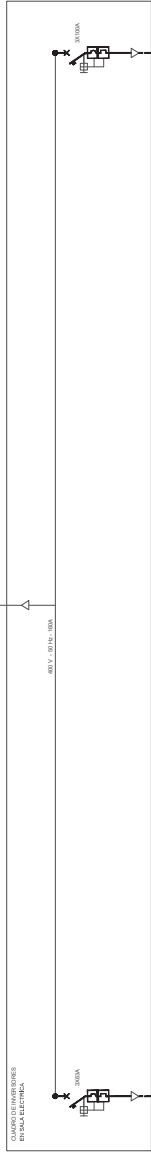
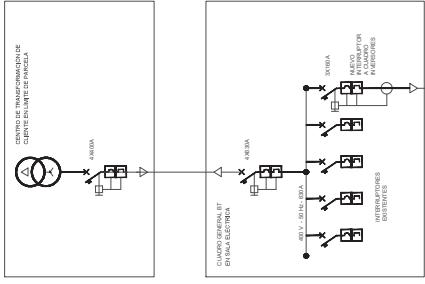


O		JUN		Emission	
Edic.	Fecha	Nombre	Nombre	Firma	Firma
		Elaborado	Revisado	Aprobado	Aprobado
Observaciones :					
Material:					
Acabado:					
Tolerancias:					
Escala					
S/E					
DISPOSICIÓN DE LOS PANELES					
N° Plano 3					
Hojas:					
Hoja N°:					



STRING	Nº MÓDULOS	POTENCIA STRING (Wp)	INVERSOR
1	16	7.360	40 Kw
2	16	7.360	40 Kw
3	16	7.360	40 Kw
4	16	7.360	40 Kw
5	18	8.280	60 Kw
6	18	8.280	60 Kw
7	18	8.280	60 Kw
8	18	8.280	60 Kw
9	16	7.360	40 Kw
10	16	7.360	40 Kw
11	12	5.520	40 Kw
12	12	5.520	40 Kw
13	17	7.820	60 Kw
14	16	7.360	60 Kw
15	16	7.360	60 Kw
16	15	6.900	60 Kw
17	15	6.900	60 Kw
18	15	6.900	60 Kw
19	15	6.900	60 Kw

0	revisión	J.M.	Nombre	Firma	Nombre	Firma	Emisión
Edic.	Fecha	Elaborado	Revisado	Aprobado	Revisado	Aprobado	Descripción
Observaciones :							
Material:							
Acabado:							
Tolerancias:							
Escala S/E							
DISTRIBUCIÓN STRINGS							
Nº Plano 4							
Hojas: Hoja Nº:							



0		JIM		Emisión	
Edic.	Fecha	Nombre	Nombre	Firma	Firma
		Elaborado	Revisado	Aprobado	Aprobado
Observaciones :					
Material:					
Acabado:					
Tolerancias:					
Escala S/E					
ESQUEMA UNIFILAR					
N° Plano 5					
Hojas: Hoja N°:					

6.2 Fichas técnicas

En las siguientes páginas se incluirán las siguientes fichas técnicas:

1. Panel solar JA Solar 455W JAM72S20-460/MR
2. Inversor Huawei Sun2000 36KTL
3. Inversor Huawei Sun2000 60KTL-M0

Harvest the Sunshine

Mono

465W MBB Half-Cell Module

JAM72S20 440-465/MR Series

Introduction

Assembled with multi-busbar PERC cells, the half-cell configuration of the modules offers the advantages of higher power output, better temperature-dependent performance, reduced shading effect on the energy generation, lower risk of hot spot, as well as enhanced tolerance for mechanical loading.



Higher output power



Lower LCOE



Less shading and lower resistive loss



Better mechanical loading tolerance

Superior Warranty

- 12-year product warranty
- 25-year linear power output warranty



■ JA Linear Power Warranty ■ Industry Warranty

Comprehensive Certificates

- IEC 61215, IEC 61730, UL 61215, UL 61730
- ISO 9001: 2015 Quality management systems
- ISO 14001: 2015 Environmental management systems
- OHSAS 18001: 2007 Occupational health and safety management systems
- IEC TS 62941: 2016 Terrestrial photovoltaic (PV) modules – Guidelines for increased confidence in PV module design qualification and type approval



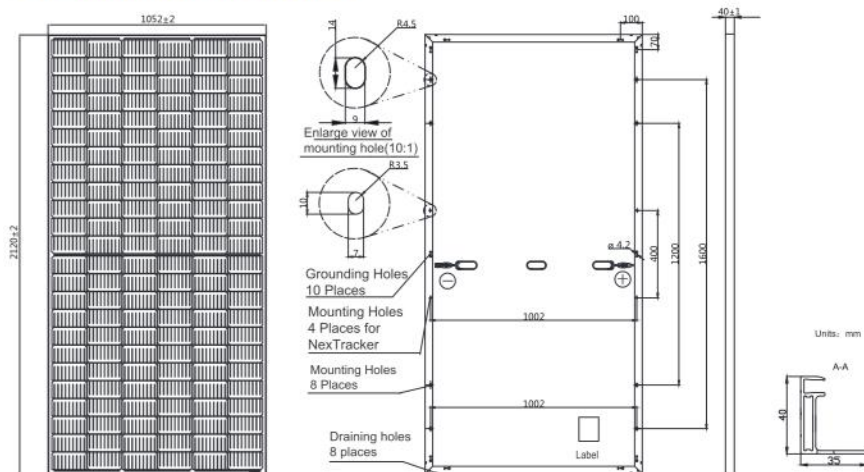
JA SOLAR

www.jasolar.com

Specifications subject to technical changes and tests.
JA Solar reserves the right of final interpretation.



MECHANICAL DIAGRAMS



Remark: customized frame color and cable length available upon request

SPECIFICATIONS

Cell	Mono
Weight	25.0kg±3%
Dimensions	2120±2mm×1052±2mm×40±1mm
Cable Cross Section Size	4mm ² (IEC) , 12 AWG(UL)
No. of cells	144 (6×24)
Junction Box	IP68, 3 diodes
Connector	QC 4.10(1000V) QC 4.10-35(1500V)
Cable Length (Including Connector)	Portrait: 300mm(+)/400mm(-); Landscape: 1200mm(+)/1200mm(-)
Packaging Configuration	27pcs/pallet 594pcs/40ft Container

ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

TYPE	JAM72S20 -440/MR	JAM72S20 -445/MR	JAM72S20 -450/MR	JAM72S20 -455/MR	JAM72S20 -460/MR	JAM72S20 -465/MR
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	440	445	450	455	460	465
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	49.40	49.56	49.70	49.85	50.01	50.15
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	40.90	41.21	41.52	41.82	42.13	42.43
Short Circuit Current(Isc) [A]	11.28	11.32	11.36	11.41	11.45	11.49
Maximum Power Current(Imp) [A]	10.76	10.80	10.84	10.88	10.92	10.96
Module Efficiency [%]	19.7	20.0	20.2	20.4	20.6	20.8
Power Tolerance	0~+5W					
Temperature Coefficient of Isc(α _{Isc})	+0.044%/°C					
Temperature Coefficient of Voc(β _{Voc})	-0.272%/°C					
Temperature Coefficient of Pmax(γ _{Pmp})	-0.350%/°C					
STC	Irradiance 1000W/m ² , cell temperature 25°C, AM1.5G					

Remark: Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer.They only serve for comparison among different module types.

ELECTRICAL PARAMETERS AT NOCT

TYPE	JAM72S20 -440/MR	JAM72S20 -445/MR	JAM72S20 -450/MR	JAM72S20 -455/MR	JAM72S20 -460/MR	JAM72S20 -465/MR
Rated Max Power(Pmax) [W]	333	336	340	344	348	352
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	46.40	46.65	46.90	47.15	47.38	47.61
Max Power Voltage(Vmp) [V]	38.70	38.95	39.19	39.44	39.68	39.90
Short Circuit Current(Isc) [A]	9.16	9.20	9.25	9.29	9.33	9.38
Max Power Current(Imp) [A]	8.60	8.64	8.68	8.72	8.76	8.81
NOCT	Irradiance 800W/m ² , ambient temperature 20°C, wind speed 1m/s, AM1.5G					

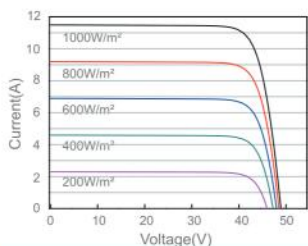
*For NexTracker installations ,Maximum Static Load, Front is 1800Pa while Maximum Static Load, Back is 1800Pa.

OPERATING CONDITIONS

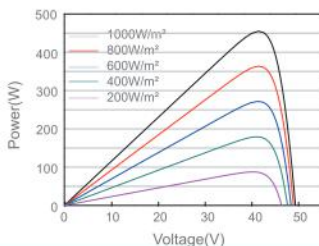
Maximum System Voltage	1000V/1500V DC
Operating Temperature	-40 C ~+85 C
Maximum Series Fuse	20A
Maximum Static Load,Front*	5400Pa(112 lb/ft ²)
Maximum Static Load,Back*	2400Pa(50 lb/ft ²)
NOCT	45±2 C
Safety Class	Class II
Fire Performance	UL Type 1

CHARACTERISTICS

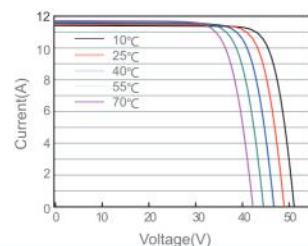
Current-Voltage Curve JAM72S20-455/MR



Power-Voltage Curve JAM72S20-455/MR



Current-Voltage Curve JAM72S20-455/MR



SUN2000-60KTL-M0 Smart String Inverter



Smart

12 strings intelligent monitoring



Efficient

Max. efficiency 98.7%



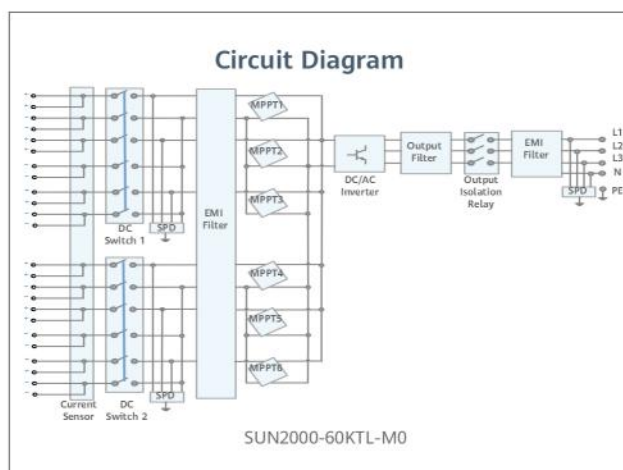
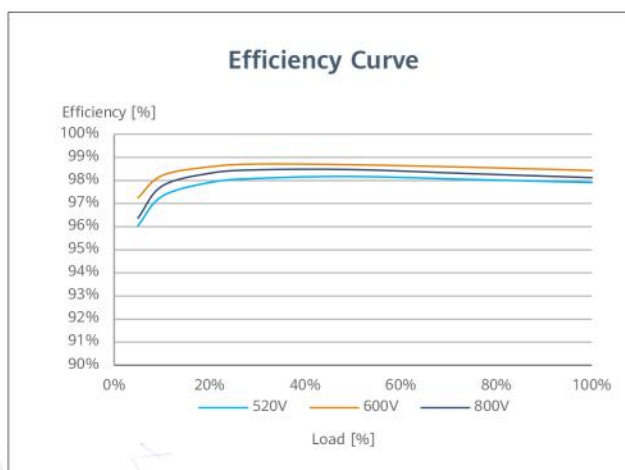
Safe

Fuse free design



Reliable

Type II surge arresters for DC & AC



Technical Specification	SUN2000-60KTL-M0
-------------------------	------------------

Efficiency

Max. efficiency	98.9% @480 V; 98.7% @380 V / 400 V
European efficiency	98.7% @480 V; 98.5% @380 V / 400 V

Input

Max. Input Voltage ¹	1,100 V
Max. Current per MPPT	22 A
Max. Short Circuit Current per MPPT	30 A
Start Voltage	200 V
MPPT Operating Voltage Range ²	200 V ~ 1,000 V
Rated Input Voltage	600 V @380 Vac / 400 Vac; 720 V @480 Vac
Number of MPP trackers	6
Max. number of inputs	12

Output

Rated AC Active Power	60,000 W
Max. AC Apparent Power	66,000 VA
Max. AC Active Power (cosφ=1)	66,000 W
Rated Output Voltage	220 V / 380 V, 230 V / 400 V, default 3W + N + PE; 3W + PE optional in settings; 277 V / 480 V, 3W + PE
Rated AC Grid Frequency	50 Hz / 60 Hz
Rated Output Current	91.2 A @380 V, 86.7 A @400 V, 72.2 A @480 V
Max. Output Current	100 A @380 V, 95.3 A @400 V, 79.4 A @480 V
Adjustable Power Factor Range	0.8 leading... 0.8 lagging
Max. Total Harmonic Distortion	< 3%

Protection

Input-side Disconnection Device	Yes
Anti-islanding Protection	Yes
AC Overcurrent Protection	Yes
DC Reverse-polarity Protection	Yes
PV-array String Fault Monitoring	Yes
DC Surge Arrester	Type II
AC Surge Arrester	Type II
DC Insulation Resistance Detection	Yes
Residual Current Monitoring Unit	Yes

Communication

Display	LED indicators; WLAN adaptor + FusionSolar APP
RS485	Yes
USB	Yes
Monitoring BUS (MBUS)	Yes (isolation transformer required)

General Data

Dimensions (W x H x D)	1,075 x 555 x 300 mm (42.3 x 21.9 x 11.8 inch)
Weight (with mounting plate)	74 kg (163.1 lb.)
Operating Temperature Range	-25°C ~ 60°C (-13°F ~ 140°F)
Cooling Method	Natural Convection
Max. Operating Altitude	4,000 m (13,123 ft.)
Relative Humidity	0 ~ 100%
DC Connector	Amphenol Helios H4
AC Connector	Waterproof PG Terminal + Terminal Clamp
Protection Degree	IP65
Topology	Transformerless
Nighttime Power Consumption	< 2 W

Standard Compliance (more available upon request)

Certificate	EN 62109-1/-2, IEC 62109-1/-2, EN 50530, IEC 62116, IEC 60068, IEC 61683
Grid Connection Standards	IEC 61727, VDE-AR-N4105, VDE 0126-1-1, BDEW, VDE 4120, UTE C 15-712-1, CEI 0-16, CEI 0-21, RD 661, RD 1699, P.O. 12.3, RD 413, EN-50438-Turkey, EN-50438-Ireland, C10/11

¹ The maximum input voltage is the upper limit of the DC voltage. Any higher input DC voltage would probably damage inverter.
² Any DC input voltage beyond the operating voltage range may result in inverter improper operating.

SUN2000-36KTL Smart String Inverter



Smart

8 strings intelligent monitoring



Efficient

Max. efficiency 98.6%



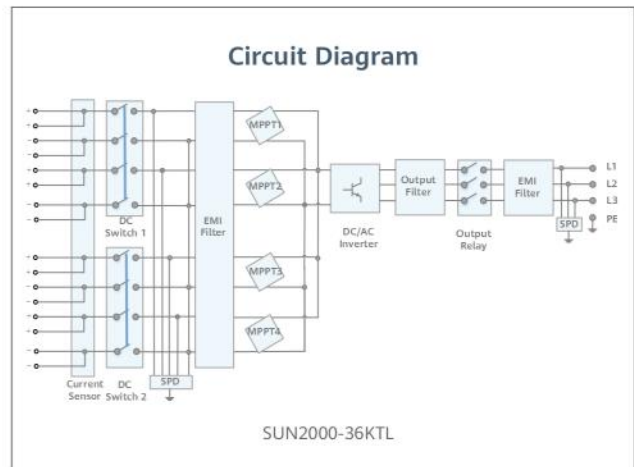
Safe

Fuse free design



Reliable

Type II surge arresters for DC & AC



Technical Specification	SUN2000-36KTL
-------------------------	---------------

Efficiency

Max. Efficiency	98.8% @480 V; 98.6% @380 V / 400 V
European Efficiency	98.6% @480 V; 98.4% @380 V / 400 V

Input

Max. Input Voltage ¹	1,100 V
Max. Current per MPPT	22 A
Max. Short Circuit Current per MPPT	30 A
Start Voltage	250 V
MPPT Operating Voltage Range ²	200 V ~ 1,000 V
Rated Input Voltage	620 V @380 Vac / 400 Vac; 720 V @480 Vac
Number of MPP trackers	4
Max. number of inputs	8

Output

Rated AC Active Power	36,000 W
Max. AC Apparent Power	40,000 VA ³
Max. AC Active Power (cosφ=1)	Default 40,000 W; 36,000 W optional in settings
Rated Output Voltage	220 V / 380 V, 230 V / 400 V, default 3W + N + PE; 3W + PE optional in settings 277 V / 480 V, 3W + PE
Rated AC Grid Frequency	50 Hz / 60 Hz
Rated Output Current	54.6 A @380 V, 52.2 A @400 V, 43.4 A @480 V
Max. Output Current	60.8 A @380 V, 57.8 A @400 V, 48.2 A @480 V
Adjustable Power Factor Range	0.8 leading... 0.8 lagging
Max. Total Harmonic Distortion	< 3%

Protection

Input-side Disconnection Device	Yes
Anti-islanding Protection	Yes
AC Overcurrent Protection	Yes
DC Reverse-polarity Protection	Yes
PV-array String Fault Monitoring	Yes
DC Surge Arrester	Type II
AC Surge Arrester	Type II
DC Insulation Resistance Detection	Yes
Residual Current Monitoring Unit	Yes

Communication

Display	LED indicators; WLAN adaptor + FusionSolar APP
RS485	Yes
USB	Yes
Monitoring BUS (MBUS)	Yes (isolation transformer required)

General Data

Dimensions (W x H x D)	930 x 550 x 283 mm (36.6 x 21.7 x 11.1 inch)
Weight (with mounting plate)	62 kg (136.7 lb.)
Operating Temperature Range	-25°C ~ 60°C (-13°F ~ 140°F)
Cooling Method	Natural Convection
Max. Operating Altitude	4,000 m (13,123 ft.)
Relative Humidity	0 ~ 100%
DC Connector	Amphenol Helios H4
AC Connector	Waterproof PG Terminal + OT Connector
Protection Degree	IP65
Topology	Transformerless
Nighttime Power Consumption	< 2.5 W

Standard Compliance (more available upon request)

Certificate	EN 62109-1/-2, IEC 62109-1/-2, EN 50530, IEC 62116, IEC 60068, IEC 61683
Grid Code	IEC 61727, VDE-AR-N4105, VDE 0126-1-1, BDEW, G59/3, UTE C 15-712-1, CEI 0-16, CEI 0-21, RD 661, RD 1699, P.O. 12.3, RD 413, EN-50438-Turkey, EN-50438-Ireland, C10/11, MEA, Resolution No.7, NRS 097-2-1, AS/NZS 4777.2

¹ The maximum input voltage is the upper limit of the DC voltage. Any higher input DC voltage would probably damage inverter.

² Any DC input voltage beyond the operating voltage range may result in inverter improper operating.

³ The maximum active power is determined by PQ mode setting. If PQ mode 1 is selected, the maximum active power equals the maximum apparent power. If PQ mode 2 is selected, the maximum active power equals the rated active power.

6.3 Simulaciones PVSyst

En las siguientes páginas se incluirán las Simulaciones efectuadas para los distintos casos de estudio vistos en le punto 1.7.4. de este proyecto:

1. Opcion 1
2. Opcion 2
3. Opcion 3

Sistema Conectado a la Red: Parámetros de la simulación

Proyecto : **Catering Las Torres**

Sitio geográfico	El Arahal	País	Espana	
Ubicación	Latitud	37.25° N	Longitud	-5.55° W
Tiempo definido como	Hora Legal	Huso horario UT+1	Altitud	82 m
	Albedo	0.20		
Datos meteorológicos:	El Arahal	Meteonorm 7.2 (1996-2010), Sat=100% - Sintético		

Variante de simulación : **Modelo 1 - Sombras detalladas**

Fecha de simulación 14/02/21 19h01

Parámetros de la simulación	Tipo de sistema	Sistema sobre un edificio	
2 orientaciones	inclin/acimuts	20°/17° y 20°/107°	
Modelos empleados	Transposición	Perez	Difuso Perez, Meteonorm
Horizonte	Sin horizonte		
Sombreados cercanos	Cálculo eléctrico detallado	(según disposición de módulos)	
Necesidades del usuario :	Carga ilimitada (red)		

Características de los conjuntos FV (8 Tipo de conjunto definido)

Módulo FV	Si-mono	Modelo	JAM72S20-460/MR	
Parámetros definidos por el usuario		Fabricante	JA Solar	
Sub-conjunto "Sub-conjunto #1"		Orientación	#1	Inclinación/Acimut 20°/17°
Número de módulos FV		En serie	18 módulos	En paralelo 4 cadenas
Núm. total de módulos FV		Núm. módulos	72	Pnom unitaria 460 Wp
Potencia global del conjunto		Nominal (STC)	33.1 kWp	En cond. de funciona. 29.72 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del conjunto (50°C)		U mpp	680 V	I mpp 44 A
Sub-conjunto "Sub-conjunto #2"		Orientación	#1	Inclinación/Acimut 20°/17°
Número de módulos FV		En serie	19 módulos	En paralelo 1 cadenas
Núm. total de módulos FV		Núm. módulos	19	Pnom unitaria 460 Wp
Potencia global del conjunto		Nominal (STC)	8.74 kWp	En cond. de funciona. 7.84 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del conjunto (50°C)		U mpp	718 V	I mpp 11 A
Sub-conjunto "Sub-conjunto #3"		Orientación	#2	Inclinación/Acimut 20°/107°
Número de módulos FV		En serie	20 módulos	En paralelo 4 cadenas
Núm. total de módulos FV		Núm. módulos	80	Pnom unitaria 460 Wp
Potencia global del conjunto		Nominal (STC)	36.8 kWp	En cond. de funciona. 33.0 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del conjunto (50°C)		U mpp	755 V	I mpp 44 A
Sub-conjunto "Sub-conjunto #4"		Orientación	#2	Inclinación/Acimut 20°/107°
Número de módulos FV		En serie	20 módulos	En paralelo 1 cadenas
Núm. total de módulos FV		Núm. módulos	20	Pnom unitaria 460 Wp
Potencia global del conjunto		Nominal (STC)	9.20 kWp	En cond. de funciona. 8.26 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del conjunto (50°C)		U mpp	755 V	I mpp 11 A
Sub-conjunto "Sub-conjunto #5"		Orientación	#2	Inclinación/Acimut 20°/107°
Número de módulos FV		En serie	20 módulos	En paralelo 2 cadenas
Núm. total de módulos FV		Núm. módulos	40	Pnom unitaria 460 Wp
Potencia global del conjunto		Nominal (STC)	18.40 kWp	En cond. de funciona. 16.51 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del conjunto (50°C)		U mpp	755 V	I mpp 22 A
Sub-conjunto "Sub-conjunto #6"		Orientación	#2	Inclinación/Acimut 20°/107°
Número de módulos FV		En serie	20 módulos	En paralelo 1 cadenas
Núm. total de módulos FV		Núm. módulos	20	Pnom unitaria 460 Wp
Potencia global del conjunto		Nominal (STC)	9.20 kWp	En cond. de funciona. 8.26 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del conjunto (50°C)		U mpp	755 V	I mpp 11 A

Sistema Conectado a la Red: Parámetros de la simulación

Sub-conjunto "Sub-conjunto #7"		Orientación	#2	Inclinación/Acimut	20°/107°
Número de módulos FV		En serie	16 módulos	En paralelo	1 cadenas
Núm. total de módulos FV		Núm. módulos	16	Pnom unitaria	460 Wp
Potencia global del conjunto		Nominal (STC)	7.36 kWp	En cond. de funciona.	6.60 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del conjunto (50°C)		U mpp	604 V	I mpp	11 A
Sub-conjunto "Sub-conjunto #8"		Orientación	#1	Inclinación/Acimut	20°/17°
Número de módulos FV		En serie	17 módulos	En paralelo	2 cadenas
Núm. total de módulos FV		Núm. módulos	34	Pnom unitaria	460 Wp
Potencia global del conjunto		Nominal (STC)	15.64 kWp	En cond. de funciona.	14.03 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del conjunto (50°C)		U mpp	642 V	I mpp	22 A
Total	Potencia global conjuntos	Nominal (STC)	138 kWp	Total	301 módulos
		Superficie módulos	671 m²	Superficie célula	1035 m ²
Sub-conjunto "Sub-conjunto #1" : Inversor		Modelo	SUN2000-60KTL-400Vac		
Parámetros definidos por el usuario		Fabricante	Huawei Technologies		
Características		Voltaje de funcionam.	200-1000 V	Pnom unitaria	60.0 kWac
				Potencia máx. (=>30°C)	66.0 kWac
Paquete de inversores		Núm. de inversores	2 * MPPT 19 %	Potencia total	23 kWac
				Relación Pnom	1.46
Sub-conjunto "Sub-conjunto #2" : Inversor		Modelo	SUN2000-60KTL-400Vac		
Parámetros definidos por el usuario		Fabricante	Huawei Technologies		
Características		Voltaje de funcionam.	200-1000 V	Pnom unitaria	60.0 kWac
				Potencia máx. (=>30°C)	66.0 kWac
Paquete de inversores		Núm. de inversores	1 * MPPT 10 %	Potencia total	6.0 kWac
				Relación Pnom	1.46
Sub-conjunto "Sub-conjunto #3" : Inversor		Modelo	SUN2000-60KTL-400Vac		
Parámetros definidos por el usuario		Fabricante	Huawei Technologies		
Características		Voltaje de funcionam.	200-1000 V	Pnom unitaria	60.0 kWac
				Potencia máx. (=>30°C)	66.0 kWac
Paquete de inversores		Núm. de inversores	2 * MPPT 21 %	Potencia total	25 kWac
				Relación Pnom	1.46
Sub-conjunto "Sub-conjunto #4" : Inversor		Modelo	SUN2000-60KTL-400Vac		
Parámetros definidos por el usuario		Fabricante	Huawei Technologies		
Características		Voltaje de funcionam.	200-1000 V	Pnom unitaria	60.0 kWac
				Potencia máx. (=>30°C)	66.0 kWac
Paquete de inversores		Núm. de inversores	1 * MPPT 10 %	Potencia total	6.3 kWac
				Relación Pnom	1.46
Sub-conjunto "Sub-conjunto #5" : Inversor		Modelo	SUN2000_36KTL 400Vac		
Base de datos PVSyst original		Fabricante	Huawei Technologies		
Características		Voltaje de funcionam.	200-1000 V	Pnom unitaria	36.0 kWac
Paquete de inversores		Núm. de inversores	1 * MPPT 36 %	Potencia total	13.1 kWac
				Relación Pnom	1.41
Sub-conjunto "Sub-conjunto #6" : Inversor		Modelo	SUN2000_36KTL 400Vac		
Base de datos PVSyst original		Fabricante	Huawei Technologies		
Características		Voltaje de funcionam.	200-1000 V	Pnom unitaria	36.0 kWac
Paquete de inversores		Núm. de inversores	1 * MPPT 18 %	Potencia total	6.5 kWac
				Relación Pnom	1.41
Sub-conjunto "Sub-conjunto #7" : Inversor		Modelo	SUN2000_36KTL 400Vac		
Base de datos PVSyst original		Fabricante	Huawei Technologies		
Características		Voltaje de funcionam.	200-1000 V	Pnom unitaria	36.0 kWac
Paquete de inversores		Núm. de inversores	1 * MPPT 15 %	Potencia total	5.2 kWac
				Relación Pnom	1.41

Sistema Conectado a la Red: Parámetros de la simulación

Sub-conjunto "Sub-conjunto #8" : Inversor	Modelo	SUN2000_36KTL 400Vac		
Base de datos PVsyst original	Fabricante	Huawei Technologies		
Características	Voltaje de funcionam.	200-1000 V	Pnom unitaria	36.0 kWac
Paquete de inversores	Núm. de inversores	1 * MPPT 31 %	Potencia total	11.1 kWac
			Relación Pnom	1.41
Total	Núm. de inversores	2 (0.0 unused)	Potencia total	96 kWac

Factores de pérdida del conjunto FV

Suciedad del conjunto		Fracción de pérdidas	3.0 %
Factor de pérdidas térmicas	Uc (const) 20.0 W/m²K	Uv (viento)	0.0 W/m²K / m/s
Pérdida óhmica en el Cableado	Conjunto#1 262 mOhm	Fracción de pérdidas	1.5 % en STC
	Conjunto#2 1106 mOhm	Fracción de pérdidas	1.5 % en STC
	Conjunto#3 291 mOhm	Fracción de pérdidas	1.5 % en STC
	Conjunto#4 1165 mOhm	Fracción de pérdidas	1.5 % en STC
	Conjunto#5 582 mOhm	Fracción de pérdidas	1.5 % en STC
	Conjunto#6 1165 mOhm	Fracción de pérdidas	1.5 % en STC
	Conjunto#7 932 mOhm	Fracción de pérdidas	1.5 % en STC
	Conjunto#8 495 mOhm	Fracción de pérdidas	1.5 % en STC
	Global	Fracción de pérdidas	1.5 % en STC
Pérdida Calidad Módulo		Fracción de pérdidas	-0.8 %
Pérdidas de "desajuste" Módulos		Fracción de pérdidas	1.0 % en MPP
Pérdidas de "desajuste" cadenas		Fracción de pérdidas	0.10 %
Efecto de incidencia, parametrización ASHRAE	IAM = 1 - bo (1/cos i - 1)	Parám. bo	0.05
Indisponibilidad del sistema	7.3 días, 3 períodos	Fracción de tiempo	2.0 %

Sistema Conectado a la Red: Definición del sombreado cercano

Proyecto : Catering Las Torres

Variante de simulación : Modelo 1 - Sombras detalladas

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Sistema sobre un edificio
Sombreados cercanos	Cálculo eléctrico detallado	(según disposición de módulos)
Orientación Campos FV	2 orientaciones	Inclinación/Acimut = 20°/17° y 20°/107°
Módulos FV	Modelo	JAM72S20-460/MR Pnom 460 Wp
Conjunto FV	Núm. de módulos	301 Pnom total 138 kWp
Inversor	Modelo	SUN2000-60KTL-400Vac Pnom 60.0 kW ac
Inversor	Modelo	SUN2000_36KTL 400Vac Pnom 36.0 kW ac
Paquete de inversores	Núm. de unidades	2.0 Pnom total 96.0 kW ac
Necesidades del usuario	Carga ilimitada (red)	

Perspectiva del campo FV y situación del sombreado cercano

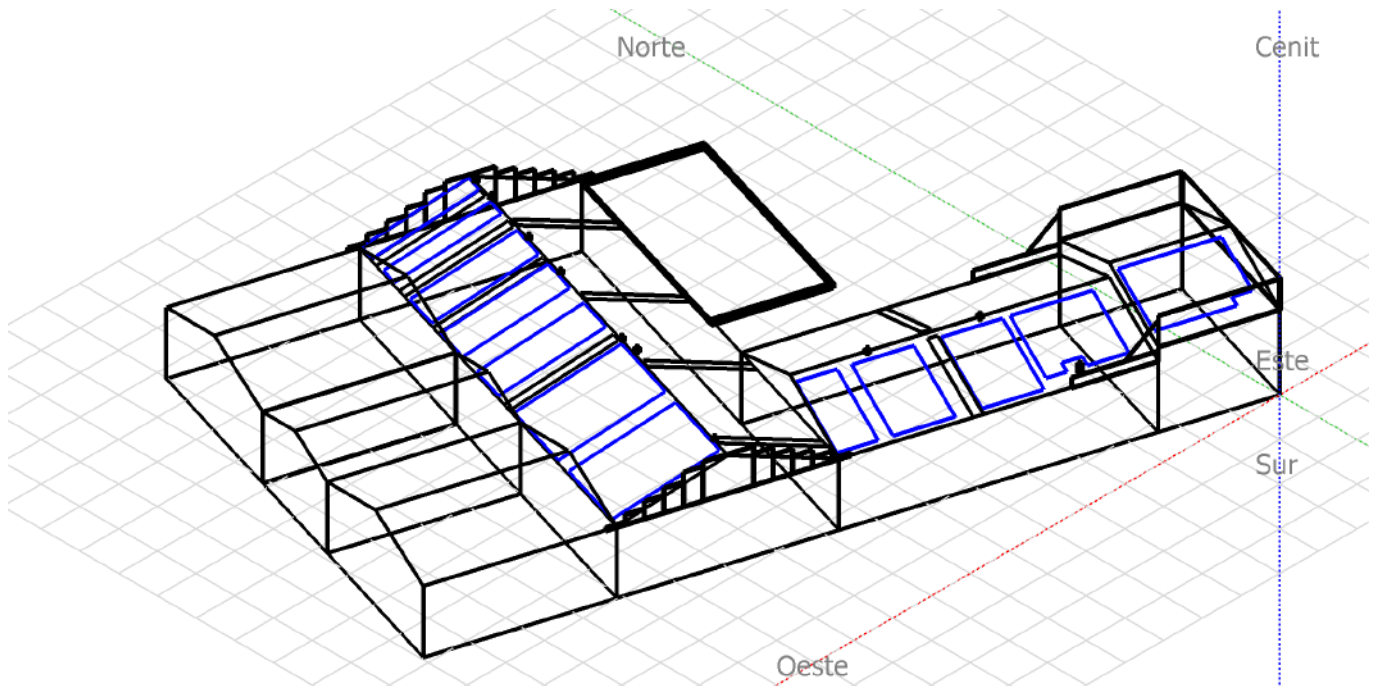
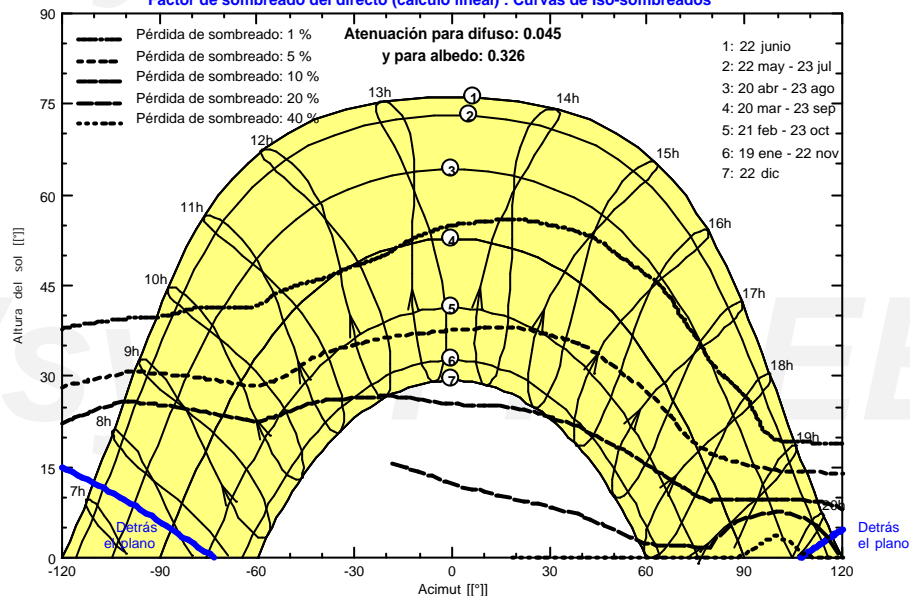


Diagrama de Iso-sombreados

Catering Las Torres

Factor de sombreado del directo (cálculo lineal) : Curvas de Iso-sombreados



Sistema Conectado a la Red: Resultados principales

Proyecto : Catering Las Torres

Variante de simulación : Modelo 1 - Sombras detalladas

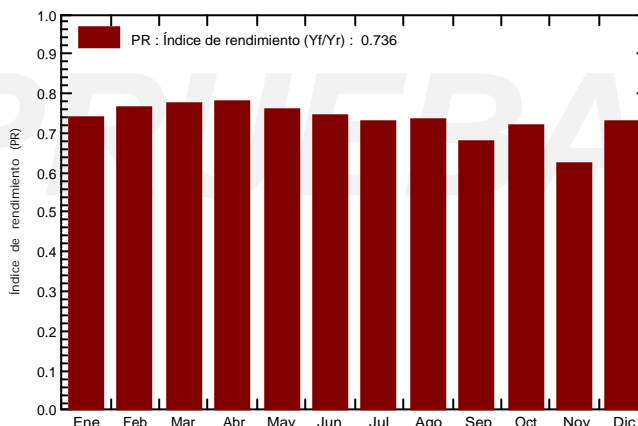
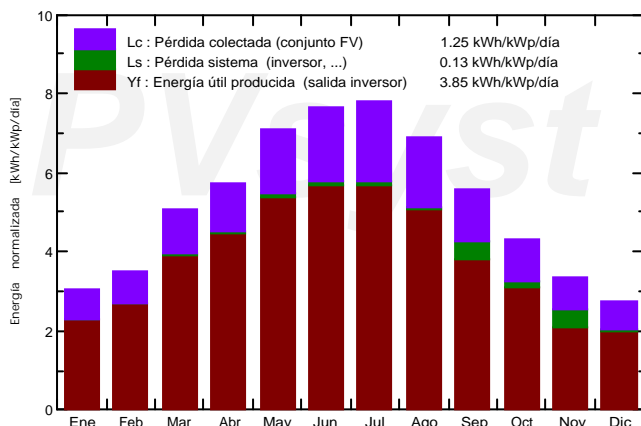
Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Sistema sobre un edificio
Sombreados cercanos	Cálculo eléctrico detallado	(según disposición de módulos)
Orientación Campos FV	2 orientaciones	Inclinación/Acimut = 20°/17° y 20°/107°
Módulos FV	Modelo	JAM72S20-460/MR Pnom 460 Wp
Conjunto FV	Núm. de módulos	301 Pnom total 138 kWp
Inversor	Modelo	SUN2000-60KTL-400Vac Pnom 60.0 kW ac
Inversor	Modelo	SUN2000_36KTL 400Vac Pnom 36.0 kW ac
Paquete de inversores	Núm. de unidades	2.0 Pnom total 96.0 kW ac
Necesidades del usuario	Carga ilimitada (red)	

Resultados principales de la simulación

Producción del sistema **Energía producida 194.8 MWh/año** Producción específica 1407 kWh/kWp/año
 Índice de rendimiento (PR) **73.57 %**

Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 138 kWp

Índice de rendimiento (PR)



Modelo 1 - Sombras detalladas Balances y resultados principales

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR
Enero	87.9	25.28	9.82	95.4	81.6	9.94	9.77	0.740
Febrero	93.5	38.16	11.65	97.9	86.4	10.56	10.38	0.766
Marzo	152.7	47.21	14.46	156.7	141.0	17.06	16.77	0.773
Abril	172.0	62.71	15.86	171.5	155.7	18.83	18.51	0.780
Mayo	224.5	70.86	19.87	219.2	199.3	23.50	23.12	0.762
Junio	236.3	64.47	24.56	229.2	209.4	24.01	23.62	0.744
Julio	249.2	53.44	27.54	242.2	221.7	24.81	24.40	0.728
Agosto	215.8	58.47	27.54	213.0	194.5	22.08	21.73	0.737
Septiembre	164.3	53.37	23.84	167.6	151.4	17.63	15.82	0.682
Octubre	128.7	41.73	20.07	133.8	119.1	14.01	13.38	0.722
Noviembre	92.2	29.86	14.03	101.4	87.6	10.49	8.74	0.622
Diciembre	75.2	26.00	11.22	84.5	71.6	8.71	8.57	0.732
Año	1892.3	571.56	18.41	1912.4	1719.4	201.62	194.80	0.736

Leyendas: GlobHor Irradiación global horizontal
 DiffHor Irradiación difusa horizontal
 T_Amb T amb.
 GlobInc Global incidente plano receptor
 GlobEff Global efectivo, corr. para IAM y sombreados
 EArray Energía efectiva en la salida del conjunto
 E_Grid Energía inyectada en la red
 PR Índice de rendimiento

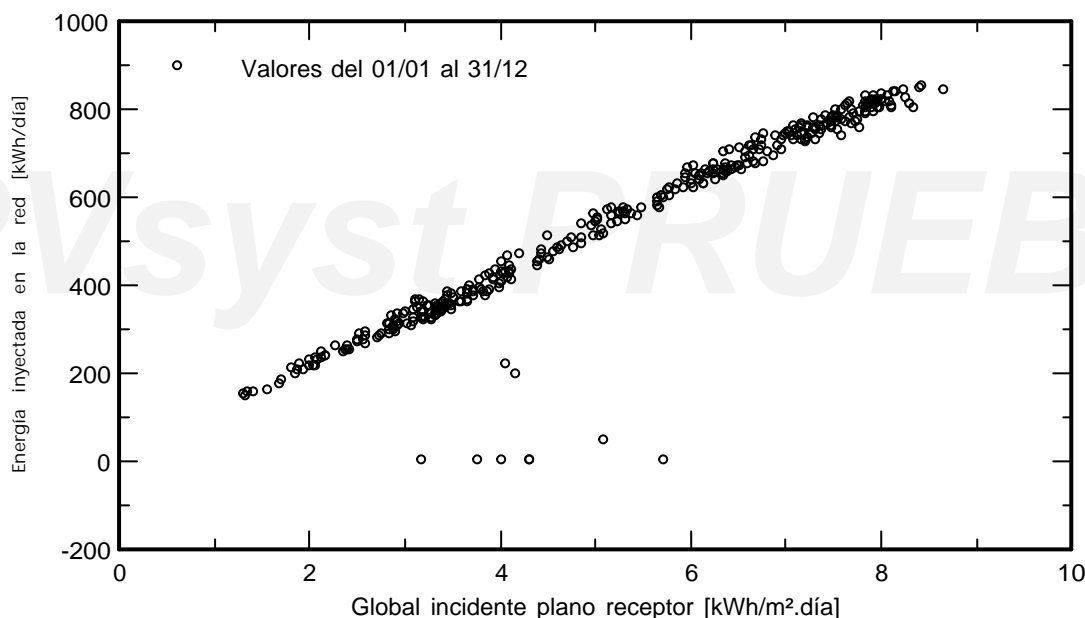
Sistema Conectado a la Red: Gráficos especiales

Proyecto : Catering Las Torres

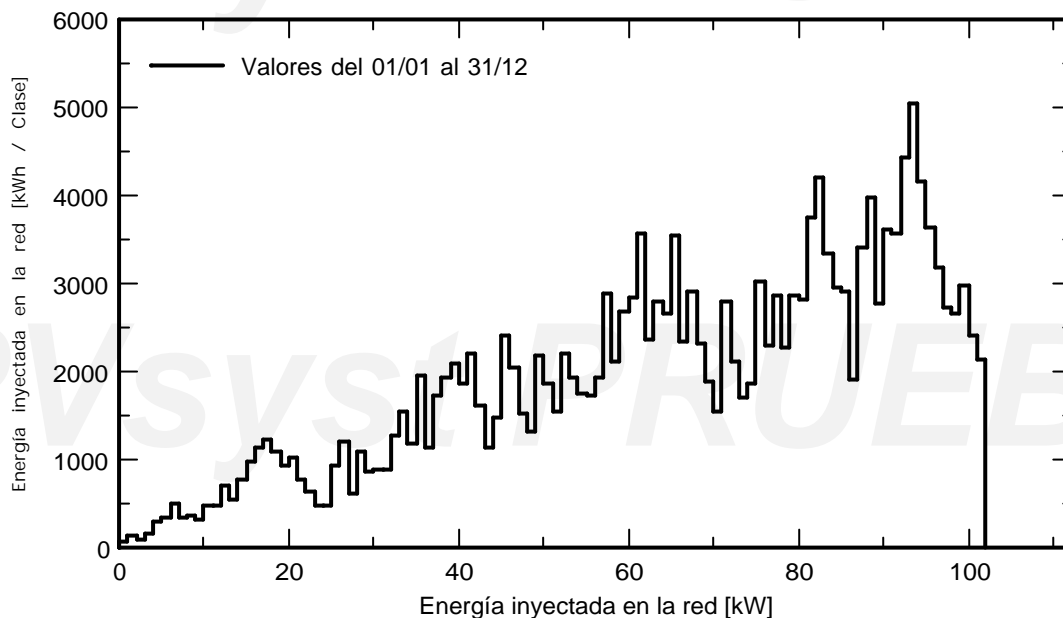
Variante de simulación : Modelo 1 - Sombras detalladas

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Sistema sobre un edificio
Sombreados cercanos	Cálculo eléctrico detallado	(según disposición de módulos)
Orientación Campos FV	2 orientaciones	Inclinación/Acimut = 20°/17° y 20°/107°
Módulos FV	Modelo	JAM72S20-460/MR Pnom 460 Wp
Conjunto FV	Núm. de módulos	301 Pnom total 138 kWp
Inversor	Modelo	SUN2000-60KTL-400Vac Pnom 60.0 kW ac
Inversor	Modelo	SUN2000_36KTL 400Vac Pnom 36.0 kW ac
Paquete de inversores	Núm. de unidades	2.0 Pnom total 96.0 kW ac
Necesidades del usuario	Carga ilimitada (red)	

Diagrama entrada/salida diaria



Distribución de la potencia de salida del sistema



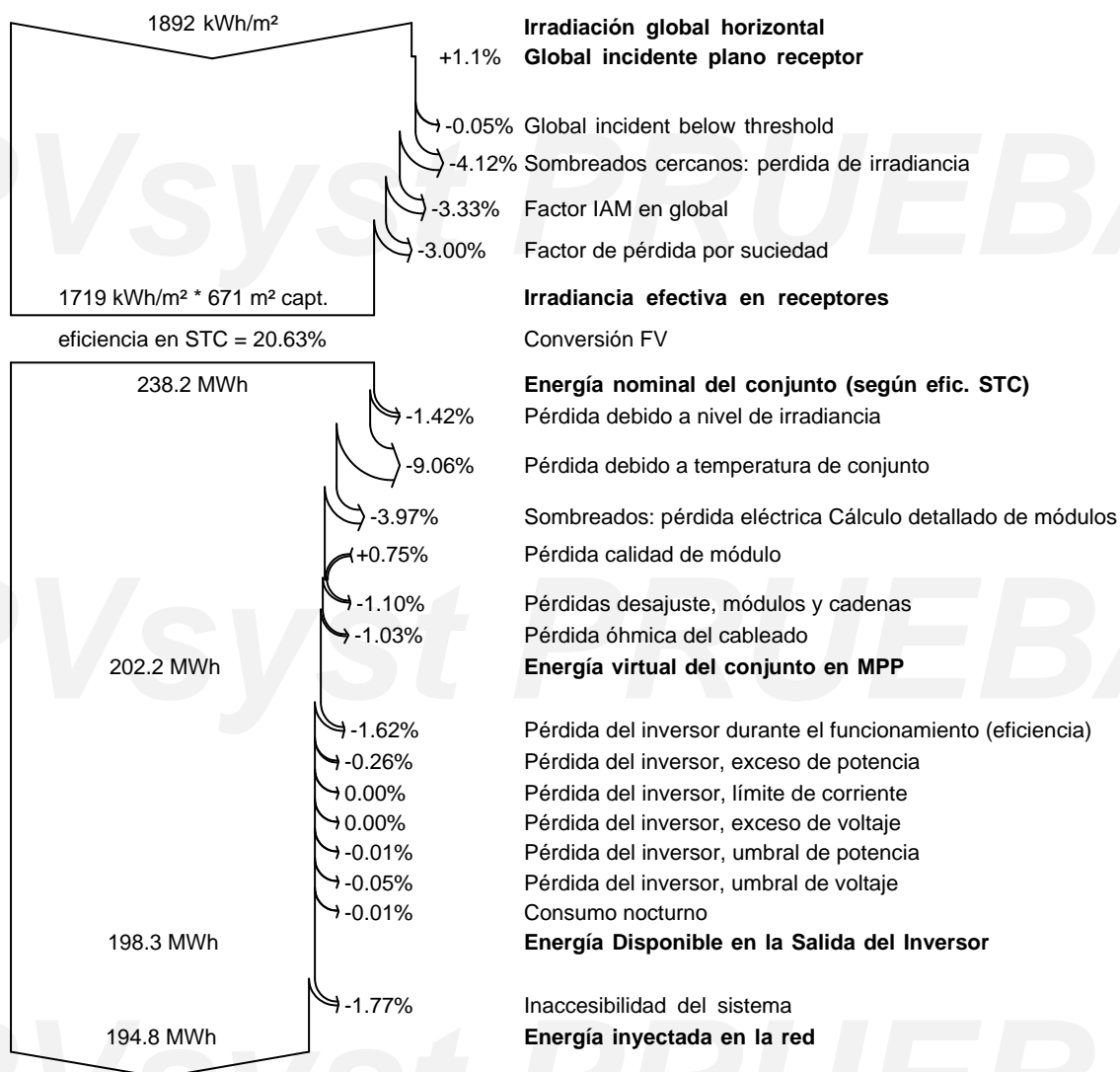
Sistema Conectado a la Red: Diagrama de pérdidas

Proyecto : Catering Las Torres

Variante de simulación : Modelo 1 - Sombras detalladas

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Sistema sobre un edificio
Sombreados cercanos	Cálculo eléctrico detallado	(según disposición de módulos)
Orientación Campos FV	2 orientaciones	Inclinación/Acimut = 20°/17° y 20°/107°
Módulos FV	Modelo	JAM72S20-460/MR Pnom 460 Wp
Conjunto FV	Núm. de módulos	301 Pnom total 138 kWp
Inversor	Modelo	SUN2000-60KTL-400Vac Pnom 60.0 kW ac
Inversor	Modelo	SUN2000_36KTL 400Vac Pnom 36.0 kW ac
Paquete de inversores	Núm. de unidades	2.0 Pnom total 96.0 kW ac
Necesidades del usuario	Carga ilimitada (red)	

Diagrama de pérdida durante todo el año



Sistema Conectado a la Red: Parámetros de la simulación

Proyecto : **Catering Las Torres**

Sitio geográfico	El Arahal	País	España	
Ubicación	Latitud	37.25° N	Longitud	-5.55° W
Tiempo definido como	Hora Legal	Huso horario UT+1	Altitud	82 m
	Albedo	0.20		
Datos meteorológicos:	El Arahal	Meteonorm 7.2 (1996-2010), Sat=100% - Sintético		

Variante de simulación : **Modelo 2 - Sombras detalladas**

Fecha de simulación 05/03/21 11h26

Parámetros de la simulación	Tipo de sistema	Sistema sobre un edificio	
4 orientaciones	inclin/acimuts	20°/17°, 20°/107°, 20°/-73°, 1°/-73°	
Modelos empleados	Transposición	Perez	Difuso Perez, Meteonorm
Horizonte	Sin horizonte		
Sombreados cercanos	Cálculo eléctrico detallado	(según disposición de módulos)	
Necesidades del usuario :	Carga ilimitada (red)		

Características de los conjuntos FV (7 Tipo de conjunto definido)

Módulo FV	Si-mono	Modelo	JAM72S20-460/MR	
Parámetros definidos por el usuario		Fabricante	JA Solar	
Sub-conjunto "Inversor 60 - Oeste"		Orientación	#2	Inclinación/Acimut 20°/107°
Número de módulos FV		En serie	18 módulos	En paralelo 4 cadenas
Núm. total de módulos FV		Núm. módulos	72	Pnom unitaria 460 Wp
Potencia global del conjunto		Nominal (STC)	33.1 kWp	En cond. de funciona. 29.72 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del conjunto (50°C)		U mpp	680 V	I mpp 44 A
Sub-conjunto "Inversor 60 - Este"		Orientación	#4	Inclinación/Acimut 1°/-73°
Número de módulos FV		En serie	15 módulos	En paralelo 4 cadenas
Núm. total de módulos FV		Núm. módulos	60	Pnom unitaria 460 Wp
Potencia global del conjunto		Nominal (STC)	27.60 kWp	En cond. de funciona. 24.77 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del conjunto (50°C)		U mpp	566 V	I mpp 44 A
Sub-conjunto "Inversor 60 - Sur-16"		Orientación	#1	Inclinación/Acimut 20°/17°
Número de módulos FV		En serie	16 módulos	En paralelo 2 cadenas
Núm. total de módulos FV		Núm. módulos	32	Pnom unitaria 460 Wp
Potencia global del conjunto		Nominal (STC)	14.72 kWp	En cond. de funciona. 13.21 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del conjunto (50°C)		U mpp	604 V	I mpp 22 A
Sub-conjunto "Inversor 60- Sur-17"		Orientación	#1	Inclinación/Acimut 20°/17°
Número de módulos FV		En serie	17 módulos	En paralelo 1 cadenas
Núm. total de módulos FV		Núm. módulos	17	Pnom unitaria 460 Wp
Potencia global del conjunto		Nominal (STC)	7.82 kWp	En cond. de funciona. 7.02 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del conjunto (50°C)		U mpp	642 V	I mpp 11 A
Sub-conjunto "Inversor 36 - Oeste"		Orientación	#2	Inclinación/Acimut 20°/107°
Número de módulos FV		En serie	16 módulos	En paralelo 4 cadenas
Núm. total de módulos FV		Núm. módulos	64	Pnom unitaria 460 Wp
Potencia global del conjunto		Nominal (STC)	29.44 kWp	En cond. de funciona. 26.42 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del conjunto (50°C)		U mpp	604 V	I mpp 44 A
Sub-conjunto "Inversor 36 - Este"		Orientación	#3	Inclinación/Acimut 20°/-73°
Número de módulos FV		En serie	12 módulos	En paralelo 2 cadenas
Núm. total de módulos FV		Núm. módulos	24	Pnom unitaria 460 Wp
Potencia global del conjunto		Nominal (STC)	11.04 kWp	En cond. de funciona. 9.91 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del conjunto (50°C)		U mpp	453 V	I mpp 22 A

Sistema Conectado a la Red: Parámetros de la simulación

Sub-conjunto "Inversor 36 - Sur"	Orientación	#1	Inclinación/Acimut	20°/17°
Número de módulos FV	En serie	16 módulos	En paralelo	2 cadenas
Núm. total de módulos FV	Núm. módulos	32	Pnom unitaria	460 Wp
Potencia global del conjunto	Nominal (STC)	14.72 kWp	En cond. de funciona.	13.21 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del conjunto (50°C)	U mpp	604 V	I mpp	22 A
Total	Potencia global conjuntos	Nominal (STC)	138 kWp	Total
	Superficie módulos		671 m²	Superficie célula
				301 módulos
				518 m ²
Sub-conjunto "Inversor 60 - Oeste" : Inversor				
Modelo	Parámetros definidos por el usuario	Fabricante	Modelo	SUN2000-60KTL-400Vac
Características	Voltaje de funcionam.		Huawei Technologies	
		200-1000 V	Pnom unitaria	60.0 kWac
			Potencia máx. (=>30°C)	66.0 kWac
Paquete de inversores	Núm. de inversores	2 * MPPT 20 %	Potencia total	24 kWac
			Relación Pnom	1.39
Sub-conjunto "Inversor 60 - Este" : Inversor				
Modelo	Parámetros definidos por el usuario	Fabricante	Modelo	SUN2000-60KTL-400Vac
Características	Voltaje de funcionam.		Huawei Technologies	
		200-1000 V	Pnom unitaria	60.0 kWac
			Potencia máx. (=>30°C)	66.0 kWac
Paquete de inversores	Núm. de inversores	2 * MPPT 17 %	Potencia total	19.9 kWac
			Relación Pnom	1.39
Sub-conjunto "Inversor 60 - Sur-16" : Inversor				
Modelo	Parámetros definidos por el usuario	Fabricante	Modelo	SUN2000-60KTL-400Vac
Características	Voltaje de funcionam.		Huawei Technologies	
		200-1000 V	Pnom unitaria	60.0 kWac
			Potencia máx. (=>30°C)	66.0 kWac
Paquete de inversores	Núm. de inversores	1 * MPPT 18 %	Potencia total	10.6 kWac
			Relación Pnom	1.39
Sub-conjunto "Inversor 60- Sur-17" : Inversor				
Modelo	Parámetros definidos por el usuario	Fabricante	Modelo	SUN2000-60KTL-400Vac
Características	Voltaje de funcionam.		Huawei Technologies	
		200-1000 V	Pnom unitaria	60.0 kWac
			Potencia máx. (=>30°C)	66.0 kWac
Paquete de inversores	Núm. de inversores	1 * MPPT 9 %	Potencia total	5.6 kWac
			Relación Pnom	1.39
Sub-conjunto "Inversor 36 - Oeste" : Inversor				
Modelo	Base de datos PVsyst original	Fabricante	Modelo	SUN2000_36KTL 400Vac
Características	Voltaje de funcionam.		Huawei Technologies	
		200-1000 V	Pnom unitaria	36.0 kWac
Paquete de inversores	Núm. de inversores	2 * MPPT 27 %	Potencia total	19.2 kWac
			Relación Pnom	1.53
Sub-conjunto "Inversor 36 - Este" : Inversor				
Modelo	Base de datos PVsyst original	Fabricante	Modelo	SUN2000_36KTL 400Vac
Características	Voltaje de funcionam.		Huawei Technologies	
		200-1000 V	Pnom unitaria	36.0 kWac
Paquete de inversores	Núm. de inversores	1 * MPPT 20 %	Potencia total	7.2 kWac
			Relación Pnom	1.53
Sub-conjunto "Inversor 36 - Sur" : Inversor				
Modelo	Base de datos PVsyst original	Fabricante	Modelo	SUN2000_36KTL 400Vac
Características	Voltaje de funcionam.		Huawei Technologies	
		200-1000 V	Pnom unitaria	36.0 kWac
Paquete de inversores	Núm. de inversores	1 * MPPT 27 %	Potencia total	9.6 kWac
			Relación Pnom	1.53
Total	Núm. de inversores	2	Potencia total	96 kWac

Factores de pérdida del conjunto FV

Suciedad del conjunto		Fracción de pérdidas	3.0 %	
Factor de pérdidas térmicas	Uc (const)	20.0 W/m ² K	Uv (viento)	0.0 W/m ² K / m/s

Sistema Conectado a la Red: Parámetros de la simulación

Pérdida óhmica en el Cableado	Conjunto#1	262 mOhm	Fracción de pérdidas	1.5 % en STC
	Conjunto#2	218 mOhm	Fracción de pérdidas	1.5 % en STC
	Conjunto#3	466 mOhm	Fracción de pérdidas	1.5 % en STC
	Conjunto#4	990 mOhm	Fracción de pérdidas	1.5 % en STC
	Conjunto#5	233 mOhm	Fracción de pérdidas	1.5 % en STC
	Conjunto#6	349 mOhm	Fracción de pérdidas	1.5 % en STC
	Conjunto#7	466 mOhm	Fracción de pérdidas	1.5 % en STC
	Global		Fracción de pérdidas	1.5 % en STC
Pérdida Calidad Módulo			Fracción de pérdidas	-0.8 %
Pérdidas de "desajuste" Módulos			Fracción de pérdidas	1.0 % en MPP
Pérdidas de "desajuste" cadenas			Fracción de pérdidas	0.10 %
Efecto de incidencia, parametrización ASHRAE	IAM =	$1 - bo (1/\cos i - 1)$	Parám. bo	0.05
Indisponibilidad del sistema	7.3 días, 3 períodos		Fracción de tiempo	2.0 %

PVsyst PRUEBA

PVsyst PRUEBA

PVsyst PRUEBA

Sistema Conectado a la Red: Definición del sombreado cercano

Proyecto : Catering Las Torres

Variante de simulación : Modelo 2 - Sombras detalladas

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Sistema sobre un edificio
Sombreados cercanos	Cálculo eléctrico detallado	(según disposición de módulos)
Orientación Campos FV	4 orientaciones	Inclinación/Acimut = 20°/17°, 20°/107°, 20°/-73°, 1°/-73°
Módulos FV	Modelo	JAM72S20-460/MR Pnom 460 Wp
Conjunto FV	Núm. de módulos	301 Pnom total 138 kWp
Inversor	Modelo	SUN2000-60KTL-400Vac Pnom 60.0 kW ac
Inversor	Modelo	SUN2000_36KTL 400Vac Pnom 36.0 kW ac
Paquete de inversores	Núm. de unidades	2.0 Pnom total 96.0 kW ac
Necesidades del usuario	Carga ilimitada (red)	

Perspectiva del campo FV y situación del sombreado cercano

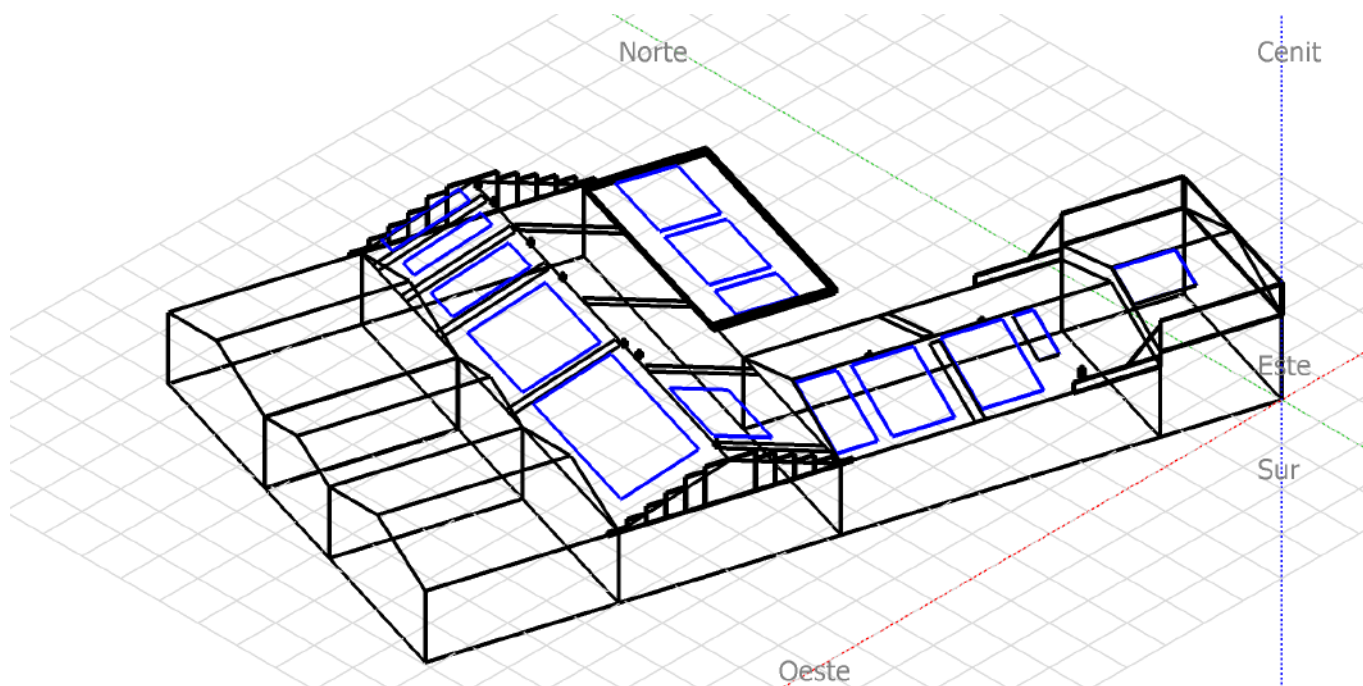
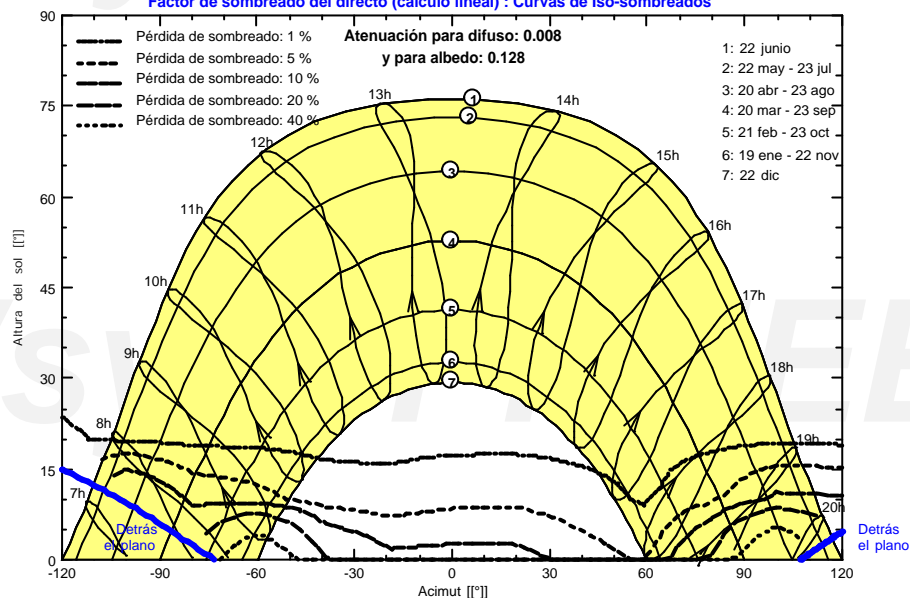


Diagrama de Iso-sombreados

Catering Las Torres

Factor de sombreado del directo (cálculo lineal) : Curvas de Iso-sombreados



Sistema Conectado a la Red: Resultados principales

Proyecto : Catering Las Torres

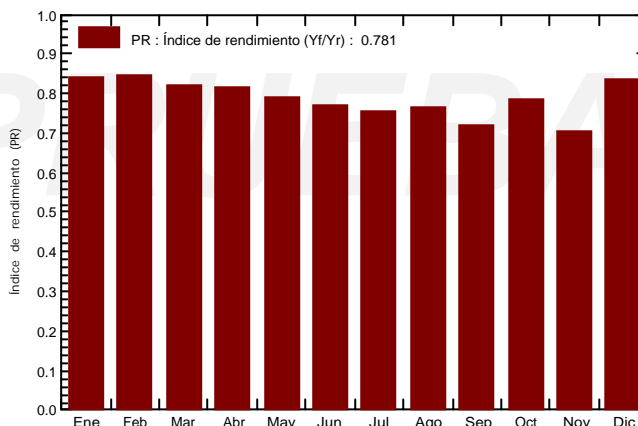
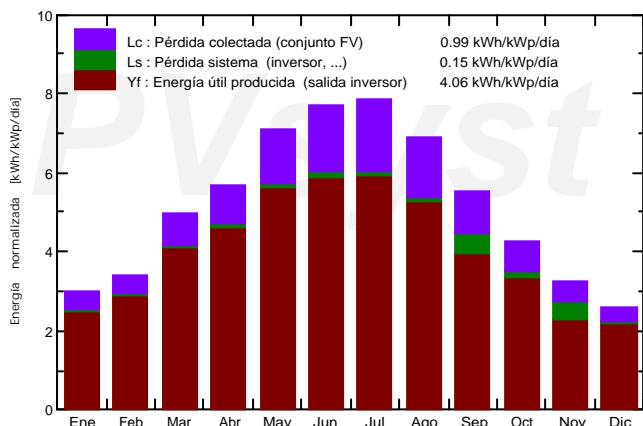
Variante de simulación : Modelo 2 - Sombras detalladas

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Sistema sobre un edificio
Sombreados cercanos	Cálculo eléctrico detallado	(según disposición de módulos)
Orientación Campos FV	4 orientaciones	Inclinación/Acimut = 20°/17°, 20°/107°, 20°/-73°, 1°/-73°
Módulos FV	Modelo	JAM72S20-460/MR Pnom 460 Wp
Conjunto FV	Núm. de módulos	301 Pnom total 138 kWp
Inversor	Modelo	SUN2000-60KTL-400Vac Pnom 60.0 kW ac
Inversor	Modelo	SUN2000_36KTL 400Vac Pnom 36.0 kW ac
Paquete de inversores	Núm. de unidades	2.0 Pnom total 96.0 kW ac
Necesidades del usuario	Carga ilimitada (red)	

Resultados principales de la simulación	
Producción del sistema	Energía producida 205.4 MWh/año
	Producción específica 1484 kWh/kWp/año
	Índice de rendimiento (PR) 78.11 %

Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 138 kWp

Índice de rendimiento (PR)



Modelo 2 - Sombras detalladas Balances y resultados principales

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR
Enero	87.9	25.28	9.82	92.8	84.4	10.99	10.82	0.842
Febrero	93.5	38.16	11.65	96.1	88.5	11.42	11.24	0.845
Marzo	152.7	47.21	14.46	154.9	143.6	17.95	17.65	0.823
Abril	172.0	62.71	15.86	171.0	159.3	19.60	19.27	0.814
Mayo	224.5	70.86	19.87	220.2	205.3	24.56	24.13	0.791
Junio	236.3	64.47	24.56	230.6	215.6	25.00	24.53	0.768
Julio	249.2	53.44	27.54	243.5	228.0	25.87	25.37	0.753
Agosto	215.8	58.47	27.54	213.2	199.3	23.01	22.58	0.765
Septiembre	164.3	53.37	23.84	165.9	154.1	18.47	16.51	0.719
Octubre	128.7	41.73	20.07	131.7	121.8	15.03	14.34	0.786
Noviembre	92.2	29.86	14.03	98.1	89.5	11.47	9.57	0.704
Diciembre	75.2	26.00	11.22	81.3	73.5	9.56	9.41	0.836
Año	1892.3	571.56	18.41	1899.4	1762.7	212.93	205.43	0.781

Legendas:	GlobHor	Irradiación global horizontal	GlobEff	Global efectivo, corr. para IAM y sombreados
	DiffHor	Irradiación difusa horizontal	EArray	Energía efectiva en la salida del conjunto
	T_Amb	T amb.	E_Grid	Energía inyectada en la red
	GlobInc	Global incidente plano receptor	PR	Índice de rendimiento

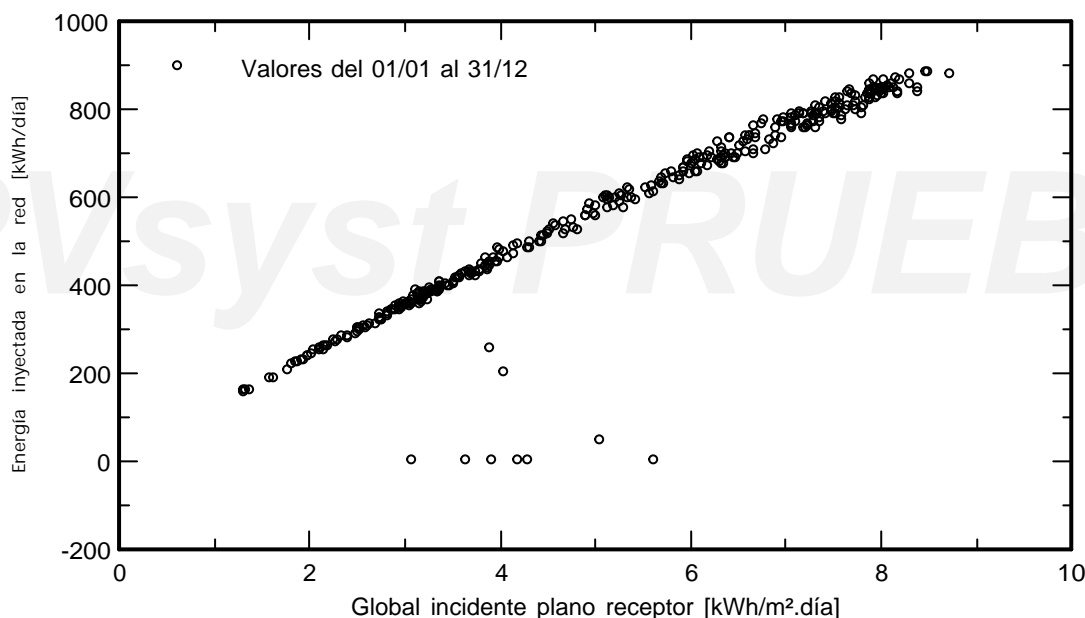
Sistema Conectado a la Red: Gráficos especiales

Proyecto : Catering Las Torres

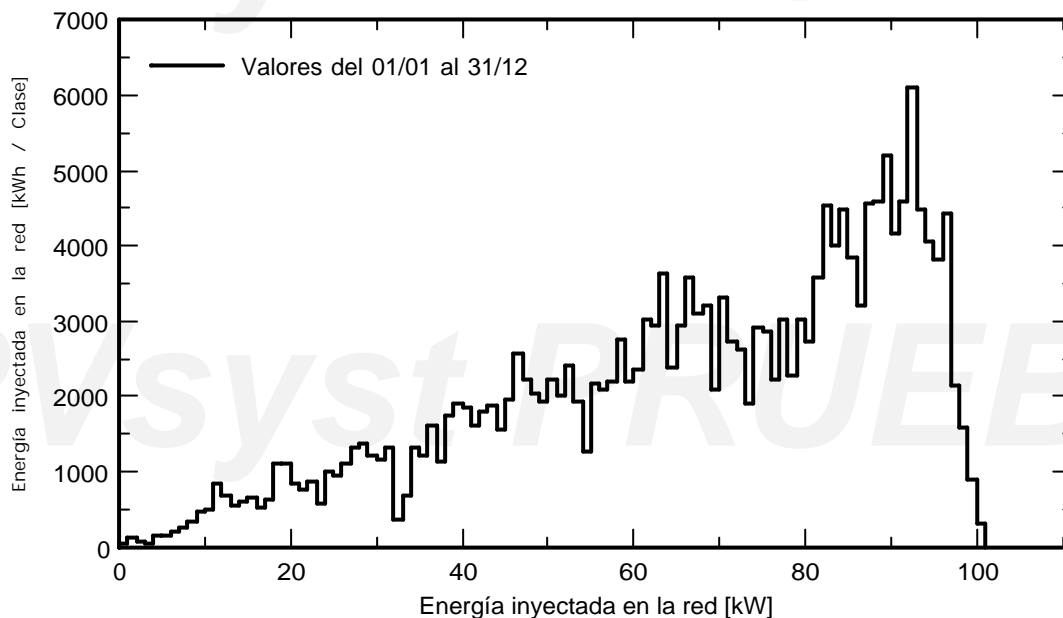
Variante de simulación : Modelo 2 - Sombras detalladas

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Sistema sobre un edificio
Sombreados cercanos	Cálculo eléctrico detallado	(según disposición de módulos)
Orientación Campos FV	4 orientaciones	Inclinación/Acimut = 20°/17°, 20°/107°, 20°/-73°, 1°/-73°
Módulos FV	Modelo	JAM72S20-460/MR Pnom 460 Wp
Conjunto FV	Núm. de módulos	301 Pnom total 138 kWp
Inversor	Modelo	SUN2000-60KTL-400Vac Pnom 60.0 kW ac
Inversor	Modelo	SUN2000_36KTL 400Vac Pnom 36.0 kW ac
Paquete de inversores	Núm. de unidades	2.0 Pnom total 96.0 kW ac
Necesidades del usuario	Carga ilimitada (red)	

Diagrama entrada/salida diaria



Distribución de la potencia de salida del sistema



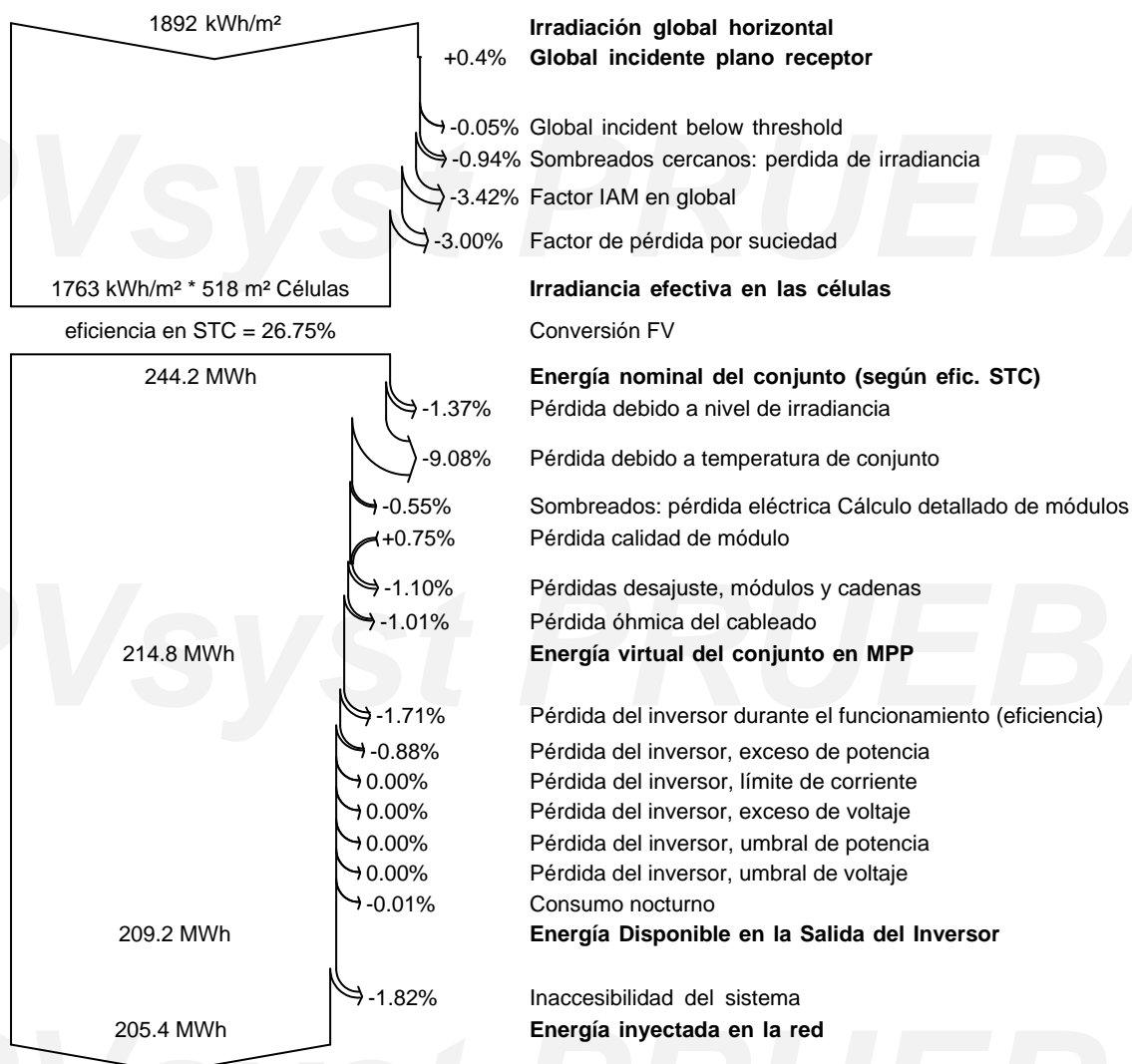
Sistema Conectado a la Red: Diagrama de pérdidas

Proyecto : Catering Las Torres

Variante de simulación : Modelo 2 - Sombras detalladas

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Sistema sobre un edificio
Sombreados cercanos	Cálculo eléctrico detallado	(según disposición de módulos)
Orientación Campos FV	4 orientaciones	Inclinación/Acimut = 20°/17°, 20°/107°, 20°/-73°, 1°/-73°
Módulos FV	Modelo	JAM72S20-460/MR Pnom 460 Wp
Conjunto FV	Núm. de módulos	301 Pnom total 138 kWp
Inversor	Modelo	SUN2000-60KTL-400Vac Pnom 60.0 kW ac
Inversor	Modelo	SUN2000_36KTL 400Vac Pnom 36.0 kW ac
Paquete de inversores	Núm. de unidades	2.0 Pnom total 96.0 kW ac
Necesidades del usuario	Carga ilimitada (red)	

Diagrama de pérdida durante todo el año



Sistema Conectado a la Red: Parámetros de la simulación

Proyecto : Catering Las Torres

Sitio geográfico	El Arahal	País	Espana	
Ubicación	Latitud	37.25° N	Longitud	-5.55° W
Tiempo definido como	Hora Legal	Huso horario UT+1	Altitud	82 m
	Albedo	0.20		
Datos meteorológicos:	El Arahal	Meteonorm 7.2 (1996-2010), Sat=100% - Sintético		

Variante de simulación : Modelo 3 - Sombras detalladas

Fecha de simulación 14/02/21 19h38

Parámetros de la simulación	Tipo de sistema	Sistema sobre un edificio	
3 orientaciones	inclin/acimuts	20°/17°, 20°/107°, 20°/-73°	
Modelos empleados	Transposición	Perez	Difuso Perez, Meteonorm
Horizonte	Sin horizonte		
Sombreados cercanos	Cálculo eléctrico detallado	(según disposición de módulos)	
Necesidades del usuario :	Carga ilimitada (red)		

Características de los conjuntos FV (6 Tipo de conjunto definido)

Módulo FV	Si-mono	Modelo	JAM72S20-460/MR		
Parámetros definidos por el usuario		Fabricante	JA Solar		
Sub-conjunto "Sub-conjunto #1"		Orientación	#2	Inclinación/Acimut	20°/107°
Número de módulos FV		En serie	20 módulos	En paralelo	4 cadenas
Núm. total de módulos FV		Núm. módulos	80	Pnom unitaria	460 Wp
Potencia global del conjunto		Nominal (STC)	36.8 kWp	En cond. de funciona.	33.0 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del conjunto (50°C)		U mpp	755 V	I mpp	44 A
Sub-conjunto "Sub-conjunto #2"		Orientación	#3	Inclinación/Acimut	20°/-73°
Número de módulos FV		En serie	14 módulos	En paralelo	2 cadenas
Núm. total de módulos FV		Núm. módulos	28	Pnom unitaria	460 Wp
Potencia global del conjunto		Nominal (STC)	12.88 kWp	En cond. de funciona.	11.56 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del conjunto (50°C)		U mpp	529 V	I mpp	22 A
Sub-conjunto "Sub-conjunto #3"		Orientación	#1	Inclinación/Acimut	20°/17°
Número de módulos FV		En serie	20 módulos	En paralelo	4 cadenas
Núm. total de módulos FV		Núm. módulos	80	Pnom unitaria	460 Wp
Potencia global del conjunto		Nominal (STC)	36.8 kWp	En cond. de funciona.	33.0 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del conjunto (50°C)		U mpp	755 V	I mpp	44 A
Sub-conjunto "Sub-conjunto #5"		Orientación	#2	Inclinación/Acimut	20°/107°
Número de módulos FV		En serie	20 módulos	En paralelo	4 cadenas
Núm. total de módulos FV		Núm. módulos	80	Pnom unitaria	460 Wp
Potencia global del conjunto		Nominal (STC)	36.8 kWp	En cond. de funciona.	33.0 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del conjunto (50°C)		U mpp	755 V	I mpp	44 A
Sub-conjunto "Sub-conjunto #6"		Orientación	#2	Inclinación/Acimut	20°/107°
Número de módulos FV		En serie	16 módulos	En paralelo	1 cadenas
Núm. total de módulos FV		Núm. módulos	16	Pnom unitaria	460 Wp
Potencia global del conjunto		Nominal (STC)	7.36 kWp	En cond. de funciona.	6.60 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del conjunto (50°C)		U mpp	604 V	I mpp	11 A
Sub-conjunto "Sub-conjunto #7"		Orientación	#1	Inclinación/Acimut	20°/17°
Número de módulos FV		En serie	17 módulos	En paralelo	1 cadenas
Núm. total de módulos FV		Núm. módulos	17	Pnom unitaria	460 Wp
Potencia global del conjunto		Nominal (STC)	7.82 kWp	En cond. de funciona.	7.02 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del conjunto (50°C)		U mpp	642 V	I mpp	11 A

Sistema Conectado a la Red: Parámetros de la simulación

Total	Potencia global conjuntos	Nominal (STC)	138 kWp	Total	301 módulos
		Superficie módulos	671 m²	Superficie célula	1035 m ²
Sub-conjunto "Sub-conjunto #1" : Inversor					
	Parámetros definidos por el usuario	Modelo	SUN2000-60KTL-400Vac		
	Características	Fabricante	Huawei Technologies		
		Voltaje de funcionam.	200-1000 V	Pnom unitaria	60.0 kWac
				Potencia máx. (=>30°C)	66.0 kWac
Paquete de inversores	Núm. de inversores	3 * MPPT 14 %		Potencia total	26 kWac
				Relación Pnom	1.44
Sub-conjunto "Sub-conjunto #2" : Inversor					
	Parámetros definidos por el usuario	Modelo	SUN2000-60KTL-400Vac		
	Características	Fabricante	Huawei Technologies		
		Voltaje de funcionam.	200-1000 V	Pnom unitaria	60.0 kWac
				Potencia máx. (=>30°C)	66.0 kWac
Paquete de inversores	Núm. de inversores	1 * MPPT 15 %		Potencia total	8.9 kWac
				Relación Pnom	1.44
Sub-conjunto "Sub-conjunto #3" : Inversor					
	Parámetros definidos por el usuario	Modelo	SUN2000-60KTL-400Vac		
	Características	Fabricante	Huawei Technologies		
		Voltaje de funcionam.	200-1000 V	Pnom unitaria	60.0 kWac
				Potencia máx. (=>30°C)	66.0 kWac
Paquete de inversores	Núm. de inversores	2 * MPPT 21 %		Potencia total	26 kWac
				Relación Pnom	1.44
Sub-conjunto "Sub-conjunto #5" : Inversor					
	Base de datos PVSyst original	Modelo	SUN2000_36KTL 400Vac		
	Características	Fabricante	Huawei Technologies		
		Voltaje de funcionam.	200-1000 V	Pnom unitaria	36.0 kWac
Paquete de inversores	Núm. de inversores	2 * MPPT 35 %		Potencia total	25 kWac
				Relación Pnom	1.44
Sub-conjunto "Sub-conjunto #6" : Inversor					
	Base de datos PVSyst original	Modelo	SUN2000_36KTL 400Vac		
	Características	Fabricante	Huawei Technologies		
		Voltaje de funcionam.	200-1000 V	Pnom unitaria	36.0 kWac
Paquete de inversores	Núm. de inversores	1 * MPPT 14 %		Potencia total	5.1 kWac
				Relación Pnom	1.44
Sub-conjunto "Sub-conjunto #7" : Inversor					
	Base de datos PVSyst original	Modelo	SUN2000_36KTL 400Vac		
	Características	Fabricante	Huawei Technologies		
		Voltaje de funcionam.	200-1000 V	Pnom unitaria	36.0 kWac
Paquete de inversores	Núm. de inversores	1 * MPPT 15 %		Potencia total	5.4 kWac
				Relación Pnom	1.45
Total		Núm. de inversores	2 (0.0 unused)	Potencia total	96 kWac

Factores de pérdida del conjunto FV

Suciedad del conjunto		Fracción de pérdidas	3.0 %
Factor de pérdidas térmicas	Uc (const) 20.0 W/m ² K	Uv (viento)	0.0 W/m ² K / m/s
Pérdida óhmica en el Cableado	Conjunto#1	291 mOhm	Fracción de pérdidas 1.5 % en STC
	Conjunto#2	408 mOhm	Fracción de pérdidas 1.5 % en STC
	Conjunto#3	291 mOhm	Fracción de pérdidas 1.5 % en STC
	Conjunto#4	291 mOhm	Fracción de pérdidas 1.5 % en STC
	Conjunto#5	932 mOhm	Fracción de pérdidas 1.5 % en STC
	Conjunto#6	990 mOhm	Fracción de pérdidas 1.5 % en STC
	Global		Fracción de pérdidas 1.5 % en STC
Pérdida Calidad Módulo		Fracción de pérdidas	-0.8 %
Pérdidas de "desajuste" Módulos		Fracción de pérdidas	1.0 % en MPP
Pérdidas de "desajuste" cadenas		Fracción de pérdidas	0.10 %
Efecto de incidencia, parametrización ASHRAE	IAM = 1 - bo (1/cos i - 1)	Parám. bo	0.05
Indisponibilidad del sistema	7.3 días, 3 períodos	Fracción de tiempo	2.0 %

Sistema Conectado a la Red: Definición del sombreado cercano

Proyecto : Catering Las Torres

Variante de simulación : Modelo 3 - Sombras detalladas

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Sistema sobre un edificio
Sombreados cercanos	Cálculo eléctrico detallado	(según disposición de módulos)
Orientación Campos FV	3 orientaciones	Inclinación/Acimut = 20°/17°, 20°/107°, 20°/-73°
Módulos FV	Modelo	JAM72S20-460/MR Pnom 460 Wp
Conjunto FV	Núm. de módulos	301 Pnom total 138 kWp
Inversor	Modelo	SUN2000-60KTL-400Vac Pnom 60.0 kW ac
Inversor	Modelo	SUN2000_36KTL 400Vac Pnom 36.0 kW ac
Paquete de inversores	Núm. de unidades	2.0 Pnom total 96.0 kW ac
Necesidades del usuario	Carga ilimitada (red)	

Perspectiva del campo FV y situación del sombreado cercano

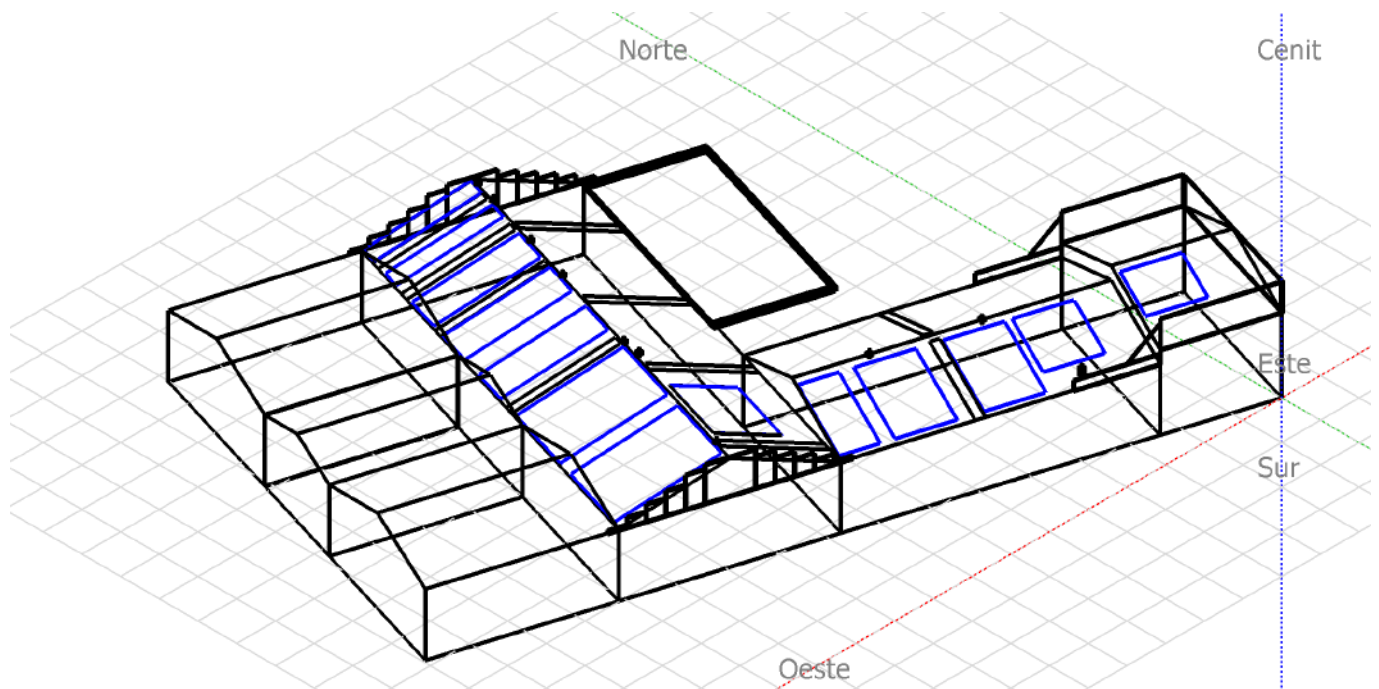
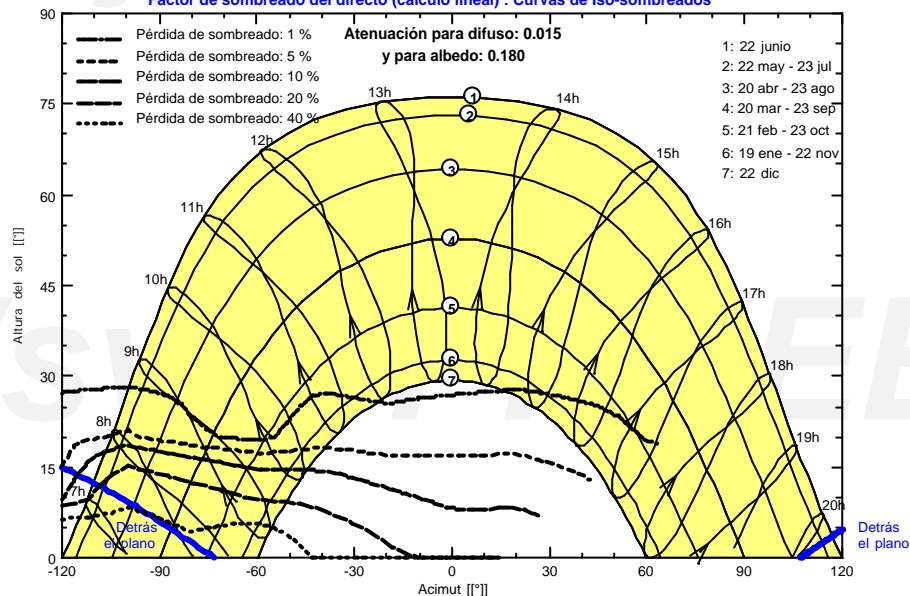


Diagrama de Iso-sombreados

Catering Las Torres

Factor de sombreado del directo (cálculo lineal) : Curvas de Iso-sombreados



Sistema Conectado a la Red: Resultados principales

Proyecto : Catering Las Torres

Variante de simulación : Modelo 3 - Sombras detalladas

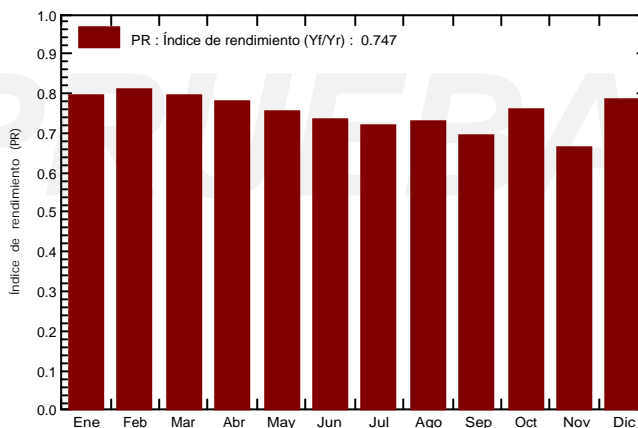
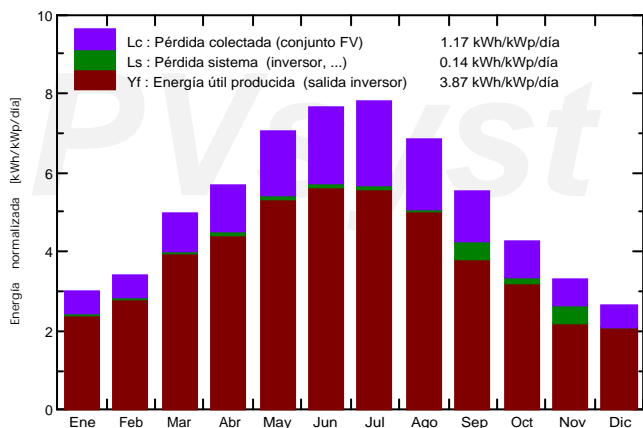
Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Sistema sobre un edificio
Sombreados cercanos	Cálculo eléctrico detallado	(según disposición de módulos)
Orientación Campos FV	3 orientaciones	Inclinación/Acimut = 20°/17°, 20°/107°, 20°/-73°
Módulos FV	Modelo	JAM72S20-460/MR Pnom 460 Wp
Conjunto FV	Núm. de módulos	301 Pnom total 138 kWp
Inversor	Modelo	SUN2000-60KTL-400Vac Pnom 60.0 kW ac
Inversor	Modelo	SUN2000_36KTL 400Vac Pnom 36.0 kW ac
Paquete de inversores	Núm. de unidades	2.0 Pnom total 96.0 kW ac
Necesidades del usuario	Carga ilimitada (red)	

Resultados principales de la simulación

Producción del sistema **Energía producida 195.8 MWh/año** Producción específica 1414 kWh/kWp/año
 Índice de rendimiento (PR) 74.68 %

Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 138 kWp

Índice de rendimiento (PR)



Modelo 3 - Sombras detalladas Balances y resultados principales

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR
Enero	87.9	25.28	9.82	92.9	82.9	10.44	10.24	0.796
Febrero	93.5	38.16	11.65	96.0	86.8	10.98	10.78	0.811
Marzo	152.7	47.21	14.46	154.7	141.0	17.30	16.99	0.793
Abril	172.0	62.71	15.86	170.3	155.7	18.75	18.41	0.781
Mayo	224.5	70.86	19.87	218.9	200.1	23.31	22.89	0.755
Junio	236.3	64.47	24.56	229.1	210.3	23.71	23.29	0.734
Julio	249.2	53.44	27.54	241.9	222.4	24.45	24.02	0.717
Agosto	215.8	58.47	27.54	212.1	194.6	21.86	21.48	0.732
Septiembre	164.3	53.37	23.84	165.7	151.2	17.75	15.87	0.692
Octubre	128.7	41.73	20.07	131.5	119.5	14.50	13.82	0.759
Noviembre	92.2	29.86	14.03	98.7	88.2	10.94	9.10	0.666
Diciembre	75.2	26.00	11.22	81.9	72.4	9.06	8.89	0.784
Año	1892.3	571.56	18.41	1893.6	1724.9	203.05	195.79	0.747

Leyendas: GlobHor Irradiación global horizontal
 DiffHor Irradiación difusa horizontal
 T_Amb T amb.
 GlobInc Global incidente plano receptor
 GlobEff Global efectivo, corr. para IAM y sombreados
 EArray Energía efectiva en la salida del conjunto
 E_Grid Energía inyectada en la red
 PR Índice de rendimiento

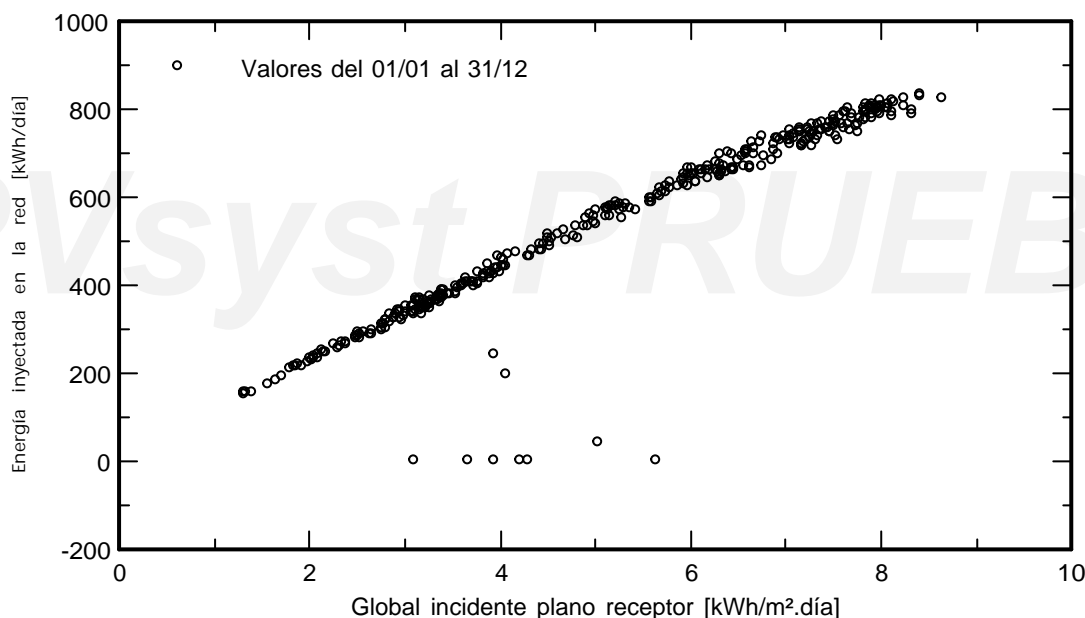
Sistema Conectado a la Red: Gráficos especiales

Proyecto : Catering Las Torres

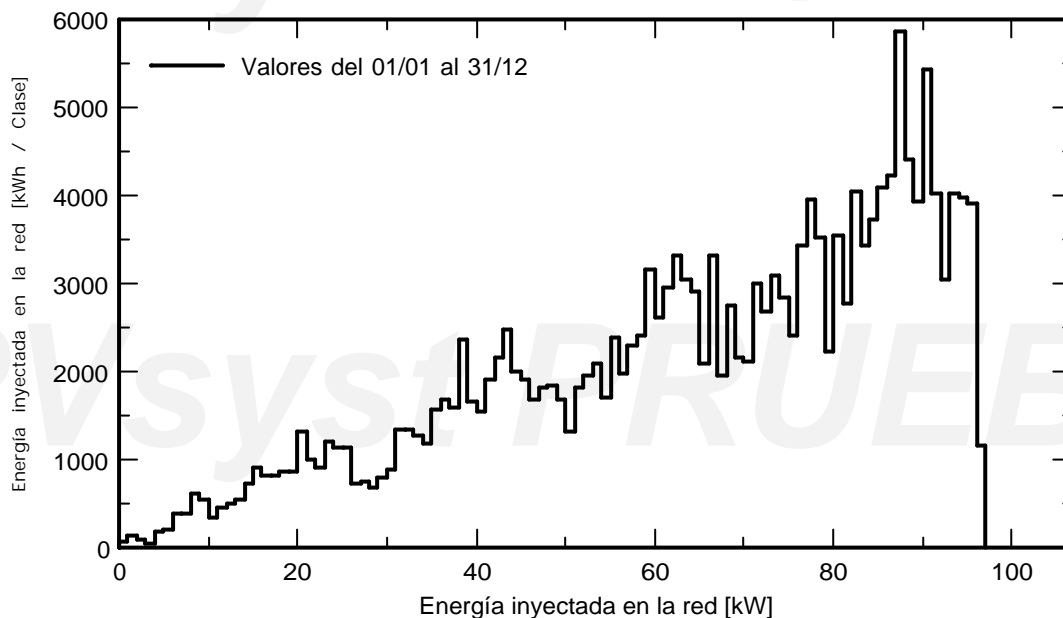
Variante de simulación : Modelo 3 - Sombras detalladas

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Sistema sobre un edificio
Sombreados cercanos	Cálculo eléctrico detallado	(según disposición de módulos)
Orientación Campos FV	3 orientaciones	Inclinación/Acimut = 20°/17°, 20°/107°, 20°/-73°
Módulos FV	Modelo	JAM72S20-460/MR Pnom 460 Wp
Conjunto FV	Núm. de módulos	301 Pnom total 138 kWp
Inversor	Modelo	SUN2000-60KTL-400Vac Pnom 60.0 kW ac
Inversor	Modelo	SUN2000_36KTL 400Vac Pnom 36.0 kW ac
Paquete de inversores	Núm. de unidades	2.0 Pnom total 96.0 kW ac
Necesidades del usuario	Carga ilimitada (red)	

Diagrama entrada/salida diaria



Distribución de la potencia de salida del sistema



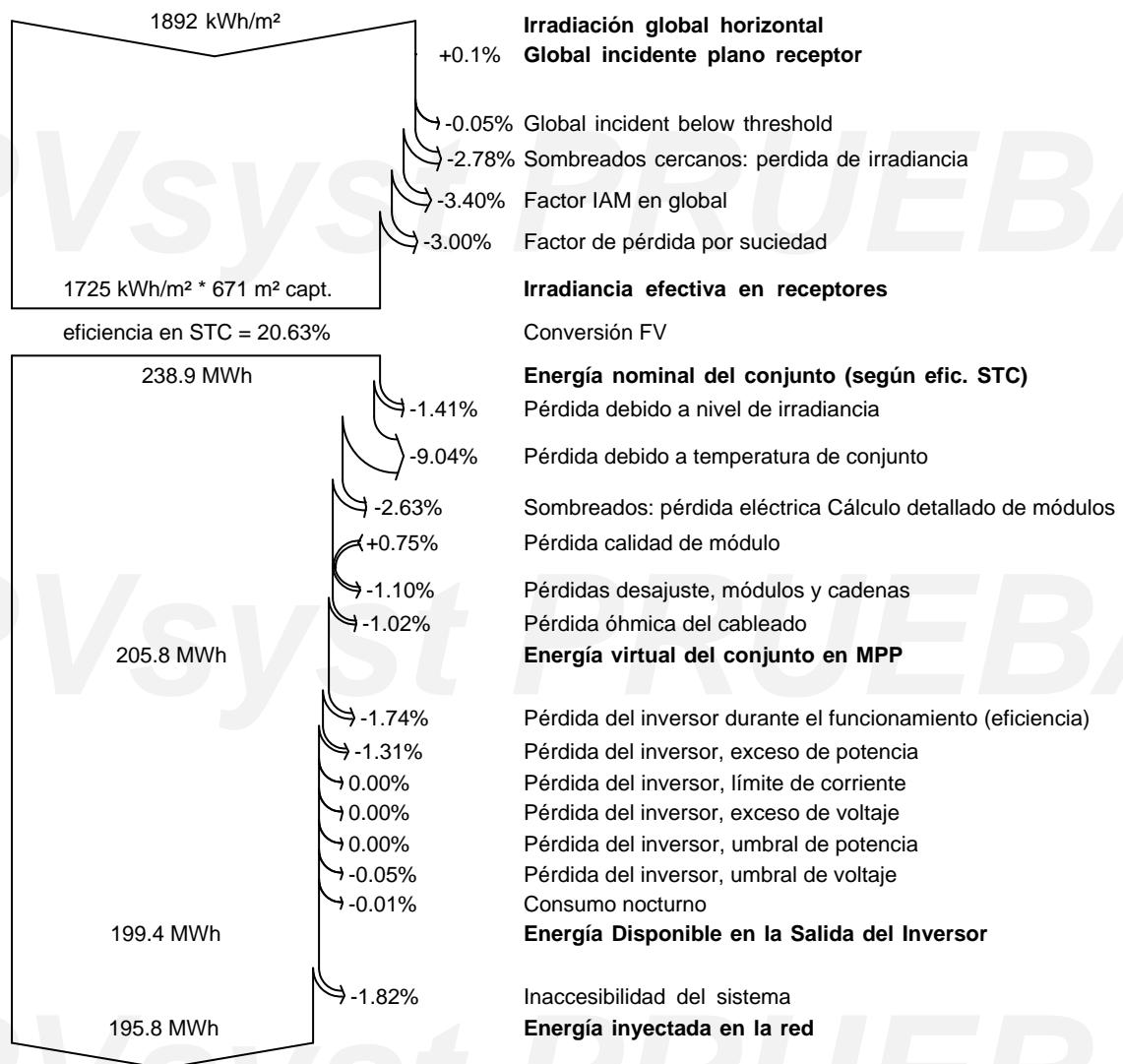
Sistema Conectado a la Red: Diagrama de pérdidas

Proyecto : **Catering Las Torres**

Variante de simulación : **Modelo 3 - Sombras detalladas**

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Sistema sobre un edificio
Sombreados cercanos	Cálculo eléctrico detallado	(según disposición de módulos)
Orientación Campos FV	3 orientaciones	Inclinación/Acimut = 20°/17°, 20°/107°, 20°/-73°
Módulos FV	Modelo	JAM72S20-460/MR Pnom 460 Wp
Conjunto FV	Núm. de módulos	301 Pnom total 138 kWp
Inversor	Modelo	SUN2000-60KTL-400Vac Pnom 60.0 kW ac
Inversor	Modelo	SUN2000_36KTL 400Vac Pnom 36.0 kW ac
Paquete de inversores	Núm. de unidades	2.0 Pnom total 96.0 kW ac
Necesidades del usuario	Carga ilimitada (red)	

Diagrama de pérdida durante todo el año



7 BIBLIOGRAFÍA

[1] COMISIÓN EUROPEA https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_es

[2] ENERGIAS RENOVABLES <https://www.energias-renovables.com/fotovoltaica/luz-verde-a-20-millones-de-euros-20201124>

[3] ZAMUDIO FLORIDO, Miguel Ángel. Diseño de dispositivo autónomo de detección de la orientación solar, 2011 p.3-19. <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/50061/fichero/1-Introducci%C3%B3n.pdf>

[4] http://www.sunflower-solar.com/index.php?act=attach&attach_id=1743

[5] SISTEMAS ELECTRÓNICOS PARA ENERGÍAS RENOVABLES, tema 4

[6] MIGUELEZ CABLES. <https://www.miguelez.com/descargas/categoria14/2020-ago-caida-de-tension-esp.pdf>

Otras fuentes y libros consultados

- MASCARÓS MATEO, Vicente. Instalaciones Generadoras Fotovoltaicas; Madrid:Paraninfo;2015
- BOE <https://www.boe.es/>
- ARQUITECTOS DE CADIZ. https://www.arquitectosdecadiz.com/wp-content/uploads/2017/12/1._electricidad._guia_tecnica_de_dise%C3%B1o._roberto_pardal_-_guia_proyecto_bt_-_rev_09.09.08.pdf
- GARCIA ALVAREZ, Antonio. proyecto técnico de instalación fotovoltaica de autoconsumo de 99,96 kw en facultad de ciencias de Ourense.
https://contrataciondelestado.es/wps/wcm/connect/ba8fd591-548b-4fa6-8cb3-6083c68a17ec/DOC20190802130239Proyecto+Fotovoltaica+Politecnico-Ourense_EFIRMA.pdf?MOD=AJPERES
- CARRILLO COLL, Enric. Instalación solar fotovoltaica conectada a red.
<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/7170/MEMORIA%20TECNICA.pdf>