

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ELCHE

MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL



"ESTUDIO DE INSTALACIÓN
FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO
PARA EDIFICIO DE VIVIENDAS."

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Octubre 2024

AUTOR: Plácido Sánchez Ballesteros

DIRECTOR/ES: Sergio Valero Verdú

«La energía solar es una inversión inteligente que nos proporciona beneficios a largo plazo para el planeta y nuestras economías.»

- Ban Ki-moon



AGRADECIMIENTOS

Gracias a cada una de las personas que me han hecho sumar como persona en esta breve etapa de estudiante, en especial a mí familia, pareja y compañeros de coche, que hacían más amenos los viajes para ir a clase.



RESUMEN

En primera instancia este trabajo comienza con un poco de historia presentando el recorrido de la energía solar fotovoltaica, desde el descubrimiento del efecto fotovoltaico hasta día de hoy. Se continúa mostrando los números que se manejan en el sector, tanto de costes de material, generación electricidad, consumo y hasta del ahorro que se puede llegar a generar.

Iniciando el capítulo tres se hace mención a conceptos clave en una instalación fotovoltaica para continuar hablando de los principales elementos que la componen, todo esto antes de conocer algunas de las subvenciones que ofrecen las administraciones en el sector para fomentar el aumento de instalaciones de esta índole.

Una vez presentado todo lo anterior se procede a realizar la simulación de un proyecto real que incluye memoria, cálculos, pliego de condiciones, planos, presupuestos y más, esto será el paso previo a evaluar la funcionalidad y viabilidad de la instalación mencionada, así como conocer lo que realmente les importa a los clientes, que es el ahorro económico que va a ocasionar a sus bolsillos.

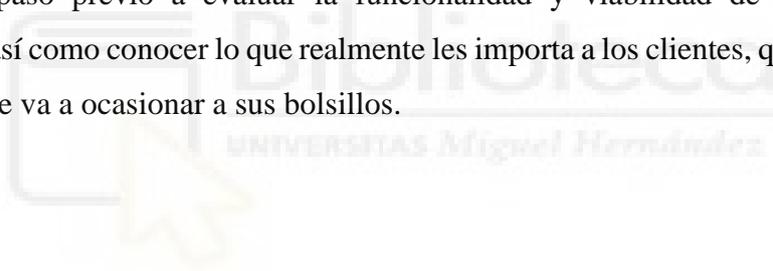


Tabla de contenido

1 INTRODUCCIÓN.....	12
1.1 Antecedentes de la energía solar fotovoltaica.....	13
1.1.1 Definición de energía solar fotovoltaica.....	13
1.1.2 Descubrimiento del efecto fotovoltaico.....	13
1.1.3 Avances durante la Segunda Guerra Mundial.....	15
1.1.4 Aplicaciones tempranas en el sector residencial	16
1.2 Desafíos, impactos y factores de interés.....	17
1.2.1 Desafíos y limitaciones.....	17
1.2.2 Factores de interés	19
1.2.3 Identificación de los impactos y beneficios esperados.....	22
1.2.4 Definición de objetivos.....	24
1.3 Alineación con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS)	24
2 ESTADO DEL SECTOR FOTOVOLTAICO.....	27
2.1 Evolución de los costes	27
2.2 Datos de consumo de fotovoltaica.....	31
2.3 Potencial desaprovechado.....	35
2.4 Autoconsumo y descarbonización.....	37
2.5 Ahorro.....	38
2.6 Impacto macroeconómico nacional	39
3 CONCEPTOS CLAVE EN UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.....	41
3.1 Modalidades de autoconsumo	41
3.1.1 Autoconsumo individual vs colectivo	41
3.1.2 Autoconsumo compartido (Comunidades energéticas).....	43
3.2 Tipos de autoconsumo según los excedentes.....	46

3.2.1	Sin excedentes	46
3.2.2	Con excedentes	46
3.3	Tramites de legalización	48
3.1.1	Legalización de Instalaciones de autoconsumo sin excedentes	48
3.2.2	Legalización de Instalaciones de autoconsumo con excedentes	51
3.4	Radiación solar	54
3.5	Sol.....	56
3.6	Nubes.....	57
4	ELEMENTOS CLAVE EN UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	59
4.1	Placa solar fotovoltaica.....	59
4.1.1	Paneles solares monocristalinos	61
4.1.2	Paneles solares policristalinos (o Multicristalinos)	62
4.1.3	Paneles solares de capa fina.....	62
4.1.4	Definición de eficiencia de paneles solares	63
4.1.5	Factores que afectan la eficiencia	64
4.1.6	Mejoras y futuro sostenible	65
4.2	Inversor.....	68
4.2.1	Tipos de inversores	69
4.2.2	Características técnicas.....	71
4.2.3	Consideraciones de instalación y mantenimiento.....	72
4.2.4	Avances tecnológicos y futuras innovaciones	74
4.2.5	Impacto ambiental y reciclaje.....	75
4.3	Estructura soporte	76
4.3.1	Materiales	76
4.3.2	Tipos de estructuras soporte	77
4.3.3	Impacto ambiental y reciclaje.....	79

4.3.4	Innovaciones y avances tecnológicos.....	79
4.4	Contador bidireccional	80
4.5	Protecciones.....	81
5	SUBVENCIONES POR PARTE DE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA EN EL SECTOR RESIDENCIAL.....	83
5.2	Bonificaciones municipios en Alicante	84
5.3	Bonificaciones municipios en Murcia	86
6	SIMULACIÓN DE PROYECTO DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.....	88
6.1	Memoria.	89
6.1.1	Antecedentes y objeto del proyecto.....	89
6.1.2	Nombre, domicilio social.....	90
6.1.3	Reglamentación y normas técnicas consideradas	90
6.1.4	Emplazamiento de las instalaciones	91
6.1.5	Descripción del sistema	92
6.1.6	Descripción de la instalación	97
6.1.7	Balance medioambiental.....	113
6.1.8	Plazo de ejecución y plazo de garantía	115
6.1.9	Presupuesto.....	115
6.2	Cálculos justificativos	116
6.2.1	Cálculos corriente continua.....	116
6.2.2	Instalaciones receptoras	120
6.2.3	Puesta a tierra.....	120
6.2.4	Equipos de conexión de energía reactiva	120
6.2.5	Materiales a emplear.....	120
6.2.6	Cálculos corriente alterna.....	123
6.2.7	Distancia mínima entre filas de módulos.....	124

6.2.8	Distribución de los módulos.....	125
6.2.9	Simulación de la instalación fotovoltaica	125
6.2.10	Energía fv y radiación solar mensual	126
6.3	Pliego de condiciones	127
6.3.1	Condiciones generales	127
6.3.2	Obras que comprende el presente proyecto	128
6.3.3	Ejecución de las obras	128
6.3.4	Control de la ejecución	132
6.3.5	Condiciones de los materiales	132
6.3.6	Normas de ejecución de las instalaciones.....	155
6.3.7	Pruebas reglamentarias	158
6.3.8	Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad	159
6.3.9	Requisitos técnicos del contrato de mantenimiento.....	160
6.3.10	Certificados y documentación de puesta en servicio de las instalaciones 163	
6.3.11	Libro de órdenes	164
6.4	Programa de trabajos	165
6.5	Control de calidad	167
6.5.1	Memoria	167
6.6	Estudio gestión de residuos.....	171
6.7	Estudio básico de seguridad y salud	172
6.7.1	Datos obra.....	172
6.7.2	Unidades de obra	176
6.7.3	Medios auxiliares.....	183
6.7.4	EPI'S.....	190
6.7.5	Fichas.....	204

6.7.6 Riesgos.....	213
6.8 Justificación de precios	225
6.9 Cuadro de precios	238
6.9.1 Cuadro de mano de obra.....	238
6.9.2 Cuadro de maquinaria.....	238
6.9.3 Cuadro de materiales	238
6.9.4 Cuadro de precios nº1	242
6.9.5 Cuadro de precios nº2.....	248
6.10 Presupuesto y mediciones (pem)	257
6.10.1 Mediciones	257
6.10.2 Presupuesto.....	263
6.10.3 Resumen del presupuesto	271
6.11 Anexos	272
6.11.1 Resumen de la simulación	272
6.12 Planos	287
6.12.1 Situación.....	287
6.12.2 Plano vista planta	288
6.12.3 Plano esquema eléctrico.....	289
6.12.4 Plano cotas y detalle	290
6.12.5 Plano distribución string.....	291
6.12.6 Plano detalle	292
7 RENTABILIDAD.....	293
7.1 Periodos de tarificación eléctrica.....	293
7.2 Rendimiento	293
7.3 Ahorro mensual	298
8 CONCLUSIÓN	300



1 INTRODUCCIÓN

Como punto de partida del trabajo, comentar las tareas que abordará, entre las que destacan realizar un análisis exhaustivo de la tecnología fotovoltaica actual tanto a nivel global como local. Esto implica estudiar su estado actual, avances tecnológicos y tendencias del mercado.

En segundo lugar, se procederá al diseño de la instalación fotovoltaica para el edificio mencionado. Este proceso involucra varios aspectos que serán considerados detalladamente:

- Estimación del consumo energético anual del edificio, comprendiendo las necesidades de energía y patrones de consumo.
- Investigación exhaustiva de la legislación vigente relacionada con la instalación de sistemas fotovoltaicos.
- Cálculo de la radiación solar aprovechable en la ubicación específica del edificio.
- Dimensionamiento preciso de la instalación y del circuito eléctrico necesario para su funcionamiento óptimo.
- Identificación y selección de los componentes requeridos para la instalación, teniendo en cuenta la calidad y eficiencia de estos.
- Estimación de la energía que será generada por la instalación fotovoltaica.

Finalmente, se llevará a cabo un análisis económico exhaustivo que abordará:

- Elaboración de un presupuesto detallado del proyecto, considerando los costes asociados con la adquisición de equipos, instalación y mantenimiento.
- Realización de un balance económico que compare los ingresos generados por la instalación con los costes asociados, con el fin de evaluar su viabilidad económica.
- Análisis de la rentabilidad del proyecto, calculando indicadores financieros como el periodo de retorno de la inversión entre otros.
- El proyecto busca comprender y evaluar la realidad de las instalaciones fotovoltaicas, abarcando desde aspectos técnicos y de diseño hasta consideraciones económicas y de rentabilidad.

1.1 Antecedentes de la energía solar fotovoltaica.

1.1.1 Definición de energía solar fotovoltaica.

La energía solar fotovoltaica es una forma de energía renovable que se obtiene a partir de la conversión de la luz del sol en electricidad mediante dispositivos semiconductores llamados células fotovoltaicas. Estas células están diseñadas para aprovechar el efecto fotovoltaico, un fenómeno físico en el que ciertos materiales, al ser expuestos a la luz solar, generan una corriente eléctrica (Seguí, 2022).

Las células fotovoltaicas están compuestas principalmente de materiales semiconductores, como el silicio, que tienen la capacidad de liberar electrones cuando absorben la energía de los fotones de la luz solar. Este proceso crea una corriente eléctrica que puede ser utilizada para alimentar dispositivos eléctricos, cargar baterías o suministrar electricidad a redes eléctricas (Soto, 2005).



Figura 1: Efecto fotovoltaico

Este tipo de energía es una de las formas más limpias y sostenibles de generar electricidad, ya que no produce emisiones de gases de efecto invernadero ni contaminantes atmosféricos durante su operación. Además, es una fuente de energía abundante y ampliamente disponible en todo el mundo, lo que la convierte en un recurso importante para la transición hacia un futuro energético más sostenible y respetuoso con el medio ambiente.

1.1.2 Descubrimiento del efecto fotovoltaico

El descubrimiento del efecto fotovoltaico, uno de los antecedentes más importantes tiene lugar en 1839, por parte del físico francés Alexandre Edmond Becquerel. Se produjo cuando observó que ciertos materiales generaban una pequeña corriente eléctrica al ser expuestos a la luz solar. Este hallazgo sentó las bases para la comprensión del efecto fotovoltaico y abrió la puerta a futuras investigaciones en este campo (Jiménez, 2023).

Posteriormente, en 1873, el físico británico Willoughby Smith descubrió que la resistencia eléctrica de ciertos materiales, como el selenio, variaba en función de la cantidad de luz incidente sobre ellos. Este fenómeno, conocido como efecto fotoconductor, fue otro paso importante hacia el desarrollo de la tecnología fotovoltaica.

En 1883, Charles Fritts construyó la primera célula solar utilizando una fina capa de selenio recubierta con una delgada capa de oro. Esta célula tenía una eficiencia extremadamente baja, pero representó el primer intento documentado de convertir la luz solar directamente en electricidad utilizando un dispositivo semiconductor (Gómez, 2022).

Estos antecedentes sentaron las bases para futuras investigaciones y desarrollos en el campo de la energía solar fotovoltaica. Aunque en sus inicios la eficiencia y la viabilidad comercial de las células solares eran limitadas, estos avances supusieron el desarrollo de tecnologías más avanzadas y eficientes en las décadas posteriores.

El descubrimiento del efecto fotoeléctrico por parte de Heinrich Hertz en 1887 observó que ciertos metales emitían electrones cuando eran expuestos a la luz, lo que demostraba la capacidad de la luz para generar electricidad (Tomé, 2019).

En 1905, Albert Einstein proporcionó una explicación teórica del efecto fotoeléctrico, postulando que la luz estaba compuesta por partículas llamadas fotones, que podían transferir su energía a los electrones en un material y liberarlos (Freire, 2024).

En las décadas siguientes, varios científicos y experimentadores realizaron investigaciones sobre el efecto fotoeléctrico y el uso de materiales semiconductores para convertir la luz solar en electricidad. Entre ellos se encontraban Russell Ohl, quien descubrió la capacidad del silicio para generar electricidad cuando era expuesto a la luz en 1940, y Gerald Pearson, Calvin Fuller y Daryl Chapin, quienes construyeron la primera célula solar de silicio funcional en 1954 en los Laboratorios Bell (Campos linares et al., 2016).

Estos desarrollos sentaron las bases para la era moderna de la energía solar fotovoltaica, demostrando la viabilidad de utilizar células solares para generar electricidad de manera eficiente y confiable. A partir de estos primeros logros, la tecnología fotovoltaica ha

experimentado un rápido avance y ha evolucionado hasta convertirse en una fuente de energía renovable fundamental en la actualidad.

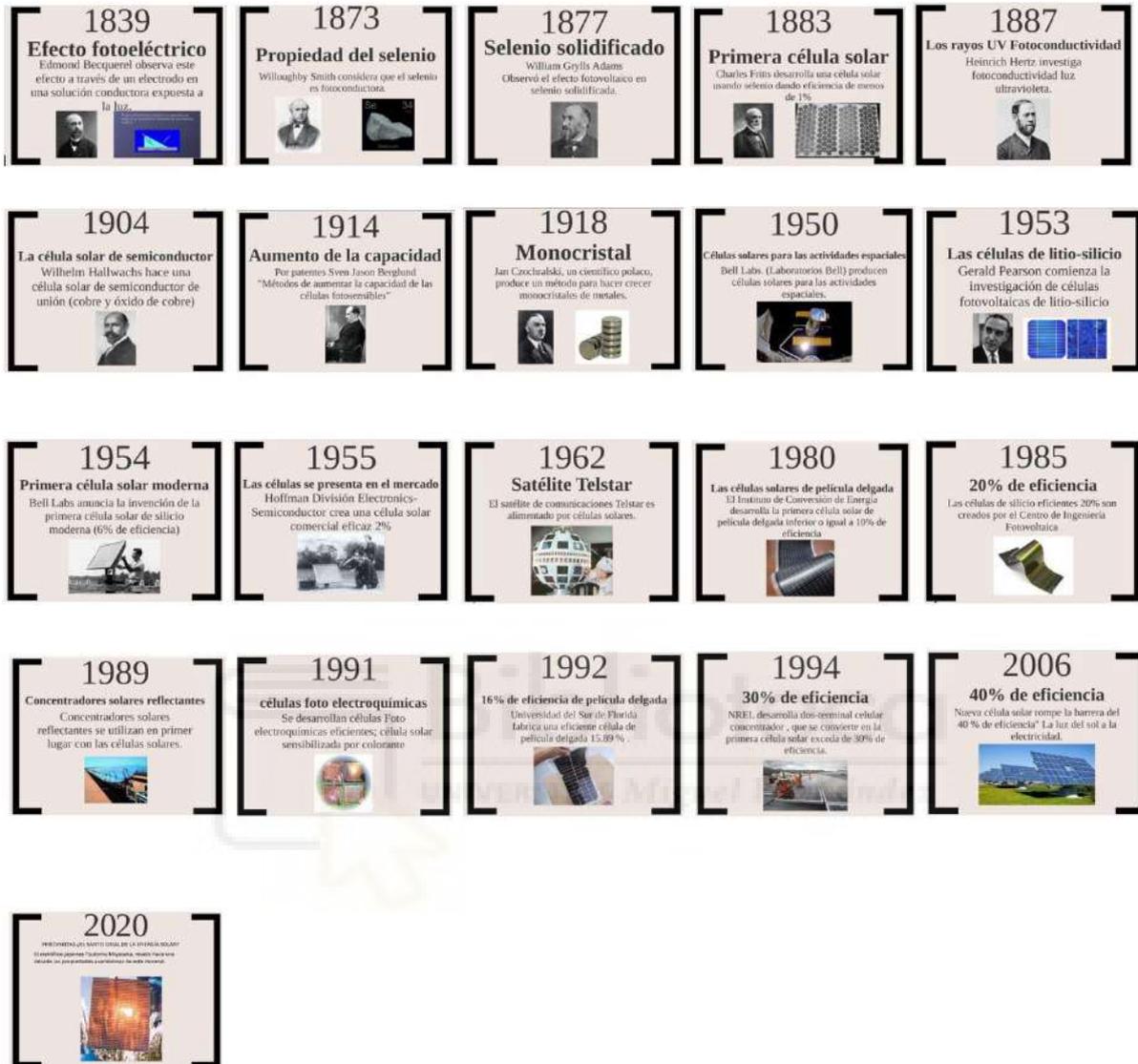


Figura 2: Historia de la energía fotovoltaica

1.1.3 Avances durante la Segunda Guerra Mundial

Durante la Segunda Guerra Mundial, la investigación en energía solar fotovoltaica experimentó un impulso significativo debido a la necesidad de encontrar fuentes de energía alternativas y estratégicas. La guerra provocó una escasez de combustibles fósiles y aumentó la demanda de energía para alimentar las operaciones militares y las comunicaciones.

En este contexto, se realizaron importantes avances en la tecnología fotovoltaica, especialmente en la fabricación de células solares y su aplicación práctica. Uno de los hitos más destacados fue el desarrollo de células solares de arseniuro de galio por parte

de los científicos estadounidenses en la década de 1940. Estas células, aunque aún en una etapa experimental, tenían una eficiencia relativamente alta y eran más resistentes a las condiciones ambientales adversas que las células solares de silicio (Li, 2022).

Durante la guerra, las células solares también se utilizaron en aplicaciones militares, como en radiotransmisores portátiles y boyas de señalización, demostrando su viabilidad y confiabilidad en condiciones de campo. Estos primeros usos prácticos de las células solares fueron claves para su adopción en aplicaciones civiles y comerciales en las décadas siguientes.

Uno de los avances más destacados fue el aumento en la eficiencia de las células solares. A lo largo de las décadas de 1960 y 1970, se realizaron mejoras en los materiales semiconductores y en los procesos de fabricación, lo que permitió aumentar la eficiencia de las células solares monocristalinas y policristalinas. Esto se tradujo en una mayor cantidad de electricidad generada a partir de la misma cantidad de luz solar incidente. También permitieron reducir los costes de producción, en gran medida provocado por la introducción de procesos automatizados y la optimización de los materiales.

Estos avances tecnológicos sentaron las bases para la expansión y la consolidación de la industria solar fotovoltaica en las décadas siguientes. A medida que la tecnología continuó mejorando y los costes siguieron disminuyendo, la energía solar fotovoltaica se convirtió en una fuente de energía cada vez más competitiva y ampliamente adoptada en todo el mundo, desempeñando un papel fundamental en la transición hacia un sistema energético más sostenible y renovable.

1.1.4 Aplicaciones tempranas en el sector residencial

Uno de los primeros usos de este tipo de energía se produce en el sector residencial, donde las personas comenzaron a adoptar sistemas fotovoltaicos para generar electricidad en sus hogares de manera independiente de la red eléctrica convencional.

En las décadas de 1970 y 1980, muchos propietarios de viviendas instalaron paneles solares en sus techos para aprovechar la luz solar y generar electricidad limpia y renovable. Aunque en sus inicios estos sistemas eran bastante caros y tenían una eficiencia relativamente baja, representaron un paso importante hacia la independencia energética y la reducción de la dependencia de los combustibles fósiles.

Con el tiempo, los avances tecnológicos y la reducción de costes en la fabricación de componentes fotovoltaicos han hecho que los sistemas solares residenciales sean más

grandes y accesibles. Los incentivos gubernamentales y los programas de financiamiento también facilitaron su adopción en el sector residencial.

Hoy en día, la energía solar es una opción popular y bastante demandada para los hogares, ya que ofrece una fuente de energía limpia que reduce costes a largo plazo y la huella de carbono. Además, los avances en el almacenamiento energético, como las baterías solares, han optimizado su uso eficiente y sostenible.

1.2 Desafíos, impactos y factores de interés.

1.2.1 Desafíos y limitaciones.

La instalación de sistemas fotovoltaicos presenta desafíos técnicos, económicos y legales que deben ser resueltos para garantizar el éxito del proyecto y su cumplimiento normativo.

Entre los desafíos técnicos destacan el diseño y la ubicación de los paneles solares, la integración con el sistema eléctrico existente, el mantenimiento y monitoreo continuo. Los desafíos económicos incluyen el alto coste inicial, el tiempo prolongado para recuperar la inversión y la falta de opciones de financiamiento. Los desafíos legales implican obtener los permisos necesarios y cumplir con la legislación aplicable.

Además, existen limitaciones estructurales relacionadas con la capacidad de carga del tejado, la disponibilidad de espacio y el acceso para la instalación y mantenimiento:

- **Capacidad de carga del tejado:** es un factor crítico que determina si el edificio puede soportar el peso adicional de los paneles solares. No todos los tejados están diseñados para resistir el peso de una instalación fotovoltaica, especialmente si el edificio es antiguo o ha experimentado daños estructurales. En tales casos, puede ser necesario realizar una evaluación estructural para determinar la capacidad de carga, si es necesario, llevar a cabo refuerzos estructurales antes de proceder con la instalación de los paneles solares.



Figura 3: Cubierta hundida en Bilbao

- **Obstáculos en el tejado:** La presencia de obstáculos en el tejado, como chimeneas, claraboyas, antenas de televisión o equipos de aire acondicionado, puede dificultar la colocación óptima de los paneles solares. Estos obstáculos pueden crear sombras sobre los paneles solares, reduciendo su rendimiento y eficiencia.



Figura 4: Obstáculos en el tejado

- **Tipo de material del tejado:** El tipo de material del tejado también puede influir en la instalación de sistemas fotovoltaicos. Algunos materiales de tejado, como el techo de pizarra o tejas cerámicas, pueden ser más difíciles de penetrar y pueden requerir técnicas de instalación especiales para garantizar la integridad del tejado y prevenir filtraciones de agua.

La ubicación geográfica y la orientación del edificio son aspectos cruciales que pueden influir significativamente en la eficacia y rendimiento.

- **Ubicación geográfica:** La eficiencia de un sistema fotovoltaico está directamente relacionada con la cantidad de radiación solar que recibe. Los edificios ubicados en regiones con baja irradiación solar tendrán un rendimiento inferior en comparación con aquellos situados en áreas con alta incidencia solar.
- **Orientación del tejado:** La orientación del tejado es un factor determinante que afecta a la cantidad de luz solar que los paneles solares pueden captar a lo largo del día. Idealmente, los tejados orientados hacia el sur en el hemisferio norte y hacia el norte en el hemisferio sur son los más adecuados, ya que reciben la máxima cantidad de luz solar directa durante el día.
- **Inclinación del tejado:** Un ángulo de inclinación óptimo permite que los paneles solares capturen la máxima cantidad de luz solar durante todo el año.

Las normativas locales y regionales pueden variar dependiendo de la ubicación donde se encuentre la instalación. Algunas de las limitaciones comunes incluyen:

- **Normativas urbanísticas y de construcción:** Estas normativas pueden incluir requisitos de diseño, altura máxima de los paneles solares, distancias mínimas de separación entre edificaciones y otros aspectos que deben ser considerados durante la planificación del proyecto.
- **Protección del medio ambiente y del paisaje:** En algunas áreas, especialmente aquellas con características naturales o paisajísticas especiales, puede haber regulaciones específicas destinadas a proteger el medio ambiente y el paisaje.
- **Regulaciones de red eléctrica:** Estas regulaciones pueden incluir requisitos técnicos, procedimientos de autorización y tarifas de conexión que deben ser cumplidos para garantizar la seguridad y fiabilidad del suministro eléctrico.
- **Incentivos y programas de apoyo:** Algunas regiones ofrecen incentivos fiscales, subvenciones, tarifas de alimentación a la red favorables u otros programas de apoyo destinados a promover la adopción de energía solar. Sin embargo, la disponibilidad y condiciones de estos incentivos pueden cambiar con el tiempo y pueden variar de una región a otra.

1.2.2 Factores de interés

En este apartado se hace mención sobre cómo factores como el coste inicial, la eficiencia del sistema, la disponibilidad de espacio y los incentivos fiscales pueden influir en la toma de decisiones y la implementación del proyecto.

En primer lugar, se deben considerar los costes asociados a la compra de los materiales utilizados. Estos costes varían según la eficiencia, la potencia nominal, o la tecnología empleada entre otros. Además, la cantidad de paneles necesarios y su disposición a la hora de la instalación también impactan en este coste.

Uno de los componentes clave del desembolso inicial es el inversor, responsable de convertir la energía solar en electricidad utilizable. El precio del inversor depende de su capacidad nominal, eficiencia y tecnología de conexión, junto con características adicionales como la monitorización remota. No se debe olvidar que es crucial seleccionar un inversor compatible con el tipo de panel solar y la configuración del sistema para asegurar un rendimiento óptimo.

Además, se deben considerar los costes relacionados con la estructura de montaje, esencial para asegurar la correcta fijación de los paneles solares en el tejado o superficie de montaje.

A los gastos de materiales hay que sumarle los de instalación y mano de obra que también constituyen una parte significativa de la cantidad total. Estos incluyen gastos relacionados con la mano de obra especializada, herramientas y equipos necesarios, transporte de materiales, permisos y licencias, así como cualquier trabajo adicional de electricidad o construcción requerido para la conexión del sistema a la red eléctrica.

La eficiencia del sistema fotovoltaico en un proyecto de viviendas es un aspecto crítico que impacta directamente en su rendimiento y rentabilidad a largo plazo.

En primer lugar, la selección de los paneles solares juega un papel importante en la eficiencia del sistema. Los paneles solares están disponibles en diferentes tecnologías, como monocristalinos, policristalinos y de capa delgada, cada uno con distintas eficiencias y características de rendimiento.

Los paneles monocristalinos, por ejemplo, suelen tener una mayor eficiencia en la conversión de la luz solar en electricidad en comparación con los paneles policristalinos o de capa delgada.



Figura 5: Tipos de paneles solares

Es importante considerar la eficiencia en la operación y mantenimiento del sistema a lo largo de su vida útil. Esto incluye la implementación de prácticas de limpieza y mantenimiento regulares, así como la evaluación periódica del rendimiento del sistema para identificar posibles áreas de mejora. Una operación eficiente y un mantenimiento adecuado garantizan que el sistema mantenga su rendimiento óptimo a lo largo del tiempo y maximice su rentabilidad.

La utilización de tecnologías de seguimiento solar o sistemas de montaje ajustables también puede mejorar la eficiencia al optimizar la posición de los paneles en relación con la posición del sol.



Figura 6: Orientación instalación solar

La disponibilidad de espacio es un factor importante que considerar, la cantidad y disposición del espacio disponible para la instalación de paneles solares afecta directamente la capacidad del sistema para generar electricidad de manera eficiente.

Se debe evaluar el área total disponible en el tejado o en cualquier otra superficie de montaje para determinar la capacidad máxima del sistema. Esto también puede influir en la configuración del sistema y en la selección de los componentes. Por ejemplo, en casos donde el espacio es limitado, se pueden utilizar paneles solares de mayor eficiencia para maximizar la producción de energía en un espacio reducido. Del mismo modo, la elección de estructuras de montaje ajustables puede ayudar a aprovechar al máximo el espacio disponible y mejorar el rendimiento.

Además del espacio en el tejado o cubierta, también se pueden considerar otras áreas de la propiedad, como patios, terrazas o áreas de estacionamiento para la instalación. Es importante tener en cuenta cualquier restricción normativa que pueda aplicarse a estas áreas y obtener los permisos necesarios antes de proceder con la instalación.



Figura 7: Aparcamiento fotovoltaico

Otra consideración clave en la viabilidad económica y deducciones, es la oportunidad de recuperar parte del desembolso inicial de la instalación mediante reducciones en sus impuestos sobre la renta o impuestos a la propiedad. Asimismo, las subvenciones y ayudas económicas directas son proporcionadas por algunos gobiernos locales, regionales o nacionales, cubriendo una porción significativa del coste inicial del proyecto y mejorando su rentabilidad a corto plazo.

Los programas de tarifas de alimentación a la red eléctrica (TAR) permiten a los propietarios vender el exceso de electricidad generada a la red eléctrica a precios preferenciales.

Existen programas de financiación diseñados para facilitar la adquisición e instalación. Estos pueden incluir préstamos a bajo interés, financiación con tarifas preferenciales, leasing solar y acuerdos de compra de energía (PPA) que permiten a los propietarios pagar por la electricidad generada en lugar de comprar el sistema directamente.

Además, algunas comunidades ofrecen certificaciones y reconocimientos especiales para proyectos de energía solar fotovoltaica que cumplen con ciertos criterios de sostenibilidad y eficiencia energética. Estas certificaciones pueden proporcionar beneficios adicionales, como publicidad positiva o acceso a programas de ayudas adicionales.

1.2.3 Identificación de los impactos y beneficios esperados

La implementación de una instalación fotovoltaica ofrece una oportunidad significativa para el ahorro de energía, dentro de los aspectos relacionados se puede hablar de:

- **Generación de energía renovable:** Esta energía reemplaza parcial o totalmente la energía convencional proveniente de fuentes no renovables, como el carbón, el gas natural o los combustibles fósiles, contribuyendo así a la reducción del consumo de energía convencional y a la mitigación del cambio climático.
- **Reducción de la dependencia de la red eléctrica:** Esto significa que se puede aprovechar la energía solar generada durante el día para cubrir parte o la totalidad de las necesidades energéticas del edificio, disminuyendo así la cantidad de electricidad comprada a la red.
- **Optimización del autoconsumo:** Por ejemplo, la implementación de sistemas de almacenamiento de energía, como baterías solares, puede permitir almacenar el exceso de energía generada durante el día para su uso posterior, aumentando así la autonomía del edificio y optimizando aún más el ahorro.

Estas medidas contribuyen significativamente al ahorro de energía y a la promoción de un uso más sostenible y eficiente de los recursos energéticos, pero finalmente de cara al bolsillo del consumidor, y que realmente es lo que busca la persona que contrata la instalación, se puede encontrar los siguientes beneficios económicos:

- **Ahorro en facturas de electricidad:** Al generar su propia electricidad, los edificios pueden reducir sus facturas de electricidad a lo largo del tiempo. A medida que los precios de la electricidad continúan aumentando, esta autogeneración de electricidad se vuelve cada vez más valiosa y puede resultar en ahorros significativos para los propietarios a lo largo de la vida útil del sistema.
- **Amortización del coste inicial:** Los sistemas fotovoltaicos tienen una vida útil de al menos 25 años, lo que significa que los propietarios pueden recuperar la inversión inicial y comenzar a disfrutar de ganancias netas después de un cierto período de tiempo, dependiendo de factores como el tamaño del sistema, la tarifa eléctrica local y los incentivos fiscales disponibles.
- **Ingresos adicionales mediante la venta de excedentes:** En algunos territorios, los propietarios de estos sistemas pueden generar ingresos adicionales vendiendo el exceso de electricidad generada a la red eléctrica a través de programas de tarifas de alimentación a la red o net metering. Esto significa que, en lugar de desperdiciar el exceso de energía generada por el sistema, los propietarios pueden venderla a la red eléctrica a precios preferenciales, generando así ingresos adicionales que pueden contribuir aún más a la rentabilidad.
- **Protección contra aumentos futuros en los precios de la electricidad:** A medida que los costes de los combustibles fósiles y las emisiones de carbono continúan aumentando, la electricidad generada a partir de fuentes renovables se vuelve cada vez más competitiva en términos de precio, significa que los propietarios están menos expuestos a la volatilidad de los precios de la electricidad y pueden disfrutar de costes energéticos más estables a lo largo del tiempo.

Utilizar energía solar reduce la huella de carbono y las emisiones de gases de efecto invernadero, mitigando el cambio climático y promoviendo la sostenibilidad. Asimismo, al reemplazar combustibles fósiles, mejora la calidad del aire y la salud pública.

Además, estos sistemas generan empleo, desde la planificación hasta el mantenimiento, y fomentan la inversión en investigación y desarrollo de nuevas tecnologías solares. La

creciente demanda de mano de obra especializada ha impulsado la educación y capacitación en energía solar y tecnologías renovables.

1.2.4 Definición de objetivos

El establecimiento de objetivos claros y específicos es fundamental para fomentar el proceso de instalación y asegurar que se cumplan las expectativas del proyecto. Estos objetivos pueden variar según las necesidades y prioridades de los propietarios y comunidades, pero suelen incluir los siguientes aspectos:

- **Reducción de la factura eléctrica:** Uno de los objetivos principales de la instalación es reducir los costes asociados con el suministro de electricidad del edificio. Establecer un objetivo específico de reducción de la factura eléctrica, como un porcentaje determinado de ahorro mensual o anual, proporciona una medida tangible del éxito del proyecto y permite evaluar su rentabilidad económica a lo largo del tiempo.
- **Reducción de emisiones de carbono:** Establecer un objetivo específico de reducción de emisiones de carbono, como una cantidad determinada de toneladas de CO₂ evitadas por año, ayuda a cuantificar el impacto ambiental positivo del proyecto y a alinearlo con los objetivos de sostenibilidad y mitigación del cambio climático.

Al establecer objetivos concretos para la instalación, los propietarios y responsables del proyecto pueden definir claramente sus expectativas y prioridades, así como medir el éxito del proyecto.

1.3 Alineación con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS)

La alineación de una instalación fotovoltaica con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) es vital para garantizar que el proyecto contribuya de manera significativa a los esfuerzos globales para abordar los desafíos socioeconómicos, ambientales y de desarrollo. Entre los diferentes objetivos en los que se ve involucrada una instalación de esta tipología se encuentran los siguientes:

- **ODS 7: Energía asequible y no contaminante:** Una instalación solar fotovoltaica contribuye directamente proporcionando una fuente de energía renovable y limpia.



Figura 8: ODS número 7

- **ODS 9: Industria, innovación e infraestructura:** La implementación de infraestructuras de energía solar fotovoltaica fomenta la innovación tecnológica y el desarrollo de nuevas soluciones para la generación de energía limpia y sostenible. Además, la construcción y mantenimiento de plantas solares crea empleo y estimula el crecimiento económico del sector.



Figura 9: ODS número 9

- **ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles:** Las instalaciones solares en edificios residenciales y comerciales contribuyen a la creación de ciudades más sostenibles al reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y mejorar la eficiencia energética de los edificios.



Figura 10: ODS número 11

- **ODS 13: Acción por el clima:** La energía solar fotovoltaica es una herramienta crucial para abordar el cambio climático al reducir las emisiones de carbono y disminuir la dependencia de los combustibles fósiles. Al invertir en energía solar, se contribuye a limitar el calentamiento global y a proteger el medio ambiente.



Figura 11: ODS número 13

- **ODS 15: Vida de ecosistemas terrestres:** La energía solar es una forma de energía limpia que no contamina el aire ni el agua y no produce residuos peligrosos. Por lo tanto, su uso ayuda a preservar los ecosistemas terrestres al reducir la contaminación y minimizar el impacto ambiental negativo.



Figura 12: ODS número 15

- **ODS 17: Alianzas para lograr los objetivos:** La implementación de este tipo de proyectos requiere la colaboración entre diversos actores, incluidos gobiernos, empresas, organizaciones sin fines de lucro y comunidades locales. Fomentar la cooperación y la colaboración entre estos actores es esencial para promover la adopción de energías renovables y alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible.



Figura 13: ODS número 17

Con lo mencionado anteriormente, se puede decir que una instalación solar fotovoltaica se alinea con varios Objetivos de Desarrollo Sostenible al proporcionar una fuente de energía limpia y renovable, promover la innovación tecnológica, mejorar la infraestructura y la eficiencia energética, mitigar el cambio climático, preservar el medio ambiente y fomentar la colaboración y la cooperación entre diferentes partes interesadas. Estos beneficios hacen que la energía solar sea una herramienta poderosa para avanzar hacia un futuro más sostenible y resiliente.

2 ESTADO DEL SECTOR FOTOVOLTAICO

El sector fotovoltaico ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos años, impulsado por una combinación de avances tecnológicos, reducción de costes y un creciente interés en la energía renovable. A nivel mundial, la capacidad instalada de energía solar fotovoltaica ha aumentado considerablemente, con un incremento notable en la adopción tanto a nivel residencial como comercial e industrial.

2.1 Evolución de los costes

A través de la historia, las tecnologías más rentables y eficaces gradualmente reemplazan a aquellas más costosas y desfasadas. En la actualidad, estamos presenciando una revolución en el campo de las energías renovables que está impulsando una transición energética significativa. El Coste Nivelado de la Electricidad (LCOE, por sus siglas en inglés) asociado a la energía eólica y solar ha experimentado una marcada disminución en la última década (Kennedy, 2023).

Este cambio ha llevado a una sustitución progresiva de las tecnologías basadas en combustibles fósiles, cuyos costes están vinculados al precio de los combustibles y al dióxido de carbono, por fuentes de energía renovable. Este proceso se muestra imparable en la actualidad.

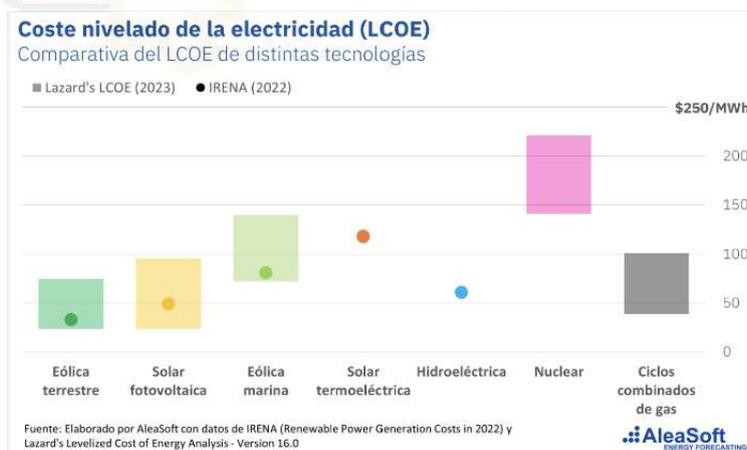


Figura 14: Coste nivelado de la electricidad (LCOE)

La trayectoria de los precios de los paneles solares ha sido notable en las últimas décadas. La NASA desempeñó un papel crucial en su desarrollo al impulsar mejoras en la eficiencia y el coste de fabricación, pasando del 4% al 15% de eficiencia estándar en poco tiempo, principalmente para sus misiones espaciales que requerían energía fotovoltaica en lugar de combustibles fósiles (APPA Renovables, 2024).

La historia del desarrollo de los precios de los paneles solares ha sido larga y costosa desde su invención en 1839. Sin embargo, fue durante la Guerra Fría cuando la NASA, motivada por la necesidad de contar con una fuente de energía en el espacio, realizó una inversión significativa en el desarrollo de la energía solar, logrando una reducción considerable de costes y un notable aumento en la eficiencia de las células solares.

En los años 70, el coste por vatio de los paneles solares era de \$100, lo que limitaba su uso a aplicaciones gubernamentales y espaciales debido a su elevado precio. Sin embargo, la crisis del petróleo en los países del Medio Oriente en esa época motivó a los países a considerar otras fuentes de energía. Gracias a los avances tecnológicos, el coste de la energía solar comenzó a disminuir, y la producción de paneles solares se expandió, reduciendo el costo por vatio de 100 € a 40 €. Aunque seguía siendo relativamente alto, su uso se extendió a ciertas instalaciones (Marín, 2023).

Para el año 2000, el coste de producción de los paneles solares había descendido a aproximadamente 10 € por vatio, lo que representaba un avance significativo en términos de accesibilidad para los consumidores. Aunque su uso aún era limitado, estos paneles ya se empleaban ampliamente en viviendas o en lugares no conectados a la red eléctrica convencional, destacando especialmente en instalaciones de energía solar aislada con baterías, donde se almacenaba la energía generada por los paneles solares. Durante esta década, surgieron marcas líderes en el campo de la energía solar, como Xantrex, Victron, Lorentz y Pevafersa, que se convirtieron en referentes, especialmente en España.

En la actualidad, el precio ha descendido a aproximadamente 2 – 1,5 € por vatio, con un coste de fabricación de alrededor de 1 € por vatio. Entre 2010 y 2015, la mayoría de las fábricas de paneles solares en Europa y Estados Unidos cerraron debido a su incapacidad para competir en precio con los paneles asiáticos. La necesidad de importar paneles solares desde Asia ha generado altos costes de transporte marítimo, especialmente porque el transporte por barco es dominado por solo dos empresas, que controlan más del 95% del mercado (Damiá, 2023).

A pesar de los esfuerzos de la Unión Europea por imponer un impuesto antidumping a China, las fábricas europeas ya estaban en una situación precaria, lo que ralentizó la adopción de la energía fotovoltaica en Europa y permitió que otros países como India y Vietnam ganaran presencia en el mercado solar.

Varios factores han contribuido a esta disminución de precios en los paneles solares:

- Avances tecnológicos, que han mejorado la calidad y rendimiento de las células solares, así como la eficiencia en la fabricación de los paneles, lo que ha reducido los costes.
- Economías de escala, generadas por la creciente demanda de grandes cantidades de paneles solares, lo que ha llevado a una reducción de costes asociados a la producción.
- Políticas gubernamentales e incentivos, que han promovido la inversión en energías renovables, como la solar, mediante ayudas y subvenciones para particulares y empresas.
- Aumento de la demanda, impulsada por la conciencia sobre la eficiencia energética y la necesidad de reducir los gastos en la factura eléctrica, lo que ha generado un aumento significativo en la demanda de paneles solares a nivel mundial.

Aunque los precios pueden variar según varios factores, como la ubicación y tipo de instalación, el auge de la energía solar ha dado lugar a la aparición de nuevas empresas en el sector, algunas de las cuales pueden carecer de la experiencia necesaria para realizar instalaciones de calidad.

A pesar de la inversión inicial requerida, una instalación solar es altamente rentable y se amortiza en pocos años, por lo que es importante contratar a empresas con experiencia y conocimientos en el sector para garantizar una instalación profesional y eficiente, ya sea para reducir el coste de la factura eléctrica o para generar electricidad propia en áreas donde no se disponga de otras fuentes de energía económicas.

El coste del transporte marítimo desde Asia hasta Europa está en constante aumento, ya que los fletes de los grandes buques de carga han experimentado un incremento en sus tarifas.

Ante esta situación, la Unión Europea está evaluando la posibilidad de establecer una megafactoría de paneles solares en Europa con el fin de evitar los altos costes de transporte. Este movimiento también busca prevenir posibles interrupciones en la cadena de suministro, como las que se produjeron durante la pandemia de COVID-19, así como mitigar riesgos relacionados con conflictos comerciales, como los surgidos por la disputa del gas en Europa debido al conflicto en Ucrania.

Independientemente de la coyuntura, se observa una creciente apuesta por la energía solar como fuente principal en el corto plazo. Además, se están desarrollando paneles solares con mayor potencia y menor tamaño, lo que los hace más rentables y eficientes en términos de potencia por metro cuadrado.

En este sentido, es importante destacar que, aunque la reducción del precio por vatio puede ser mínima en la actualidad, el ahorro real vendrá dado por la necesidad de menos paneles solares debido a su mayor potencia. Esto implica una menor área de instalación, así como una simplificación en las conexiones y el cableado, lo que permite que un mayor número de personas puedan acceder a la energía solar, dado que se reduce significativamente el espacio requerido.

Según datos de IRENA, el Coste Nivelado de la Electricidad (LCOE) promedio a nivel mundial de las plantas fotovoltaicas a gran escala ha experimentado una notable reducción del 89% entre 2010 y 2022, descendiendo de \$445/MWh a \$49/MWh. Uno de los principales impulsores de esta disminución del LCOE ha sido el coste de los módulos fotovoltaicos, que durante la última década han registrado una caída del 91%, generando una reducción del 91% en los costes de instalación de proyectos fotovoltaicos. En 2022, los costes de instalación de parques fotovoltaicos alcanzaron un promedio de \$876/kW a nivel mundial.

Una tendencia observada por IRENA es la reducción progresiva de las diferencias en el LCOE para la energía fotovoltaica entre distintos países a lo largo de los años. China e India presentaron los LCOE más bajos en 2022, con costes de \$37/MWh, un 24% menos que el promedio ponderado global. Australia también destacó con costes competitivos en tercer lugar, registrando \$41/MWh, seguido de Chile con \$42/MWh. España ocupó el quinto lugar con \$46/MWh, mostrando una disminución del 8% en 2022 en comparación con 2021, tras un aumento del 8% entre 2020 y 2021 (AleaSoft Energy Forecasting, 2020).

2.2 Datos de consumo de fotovoltaica

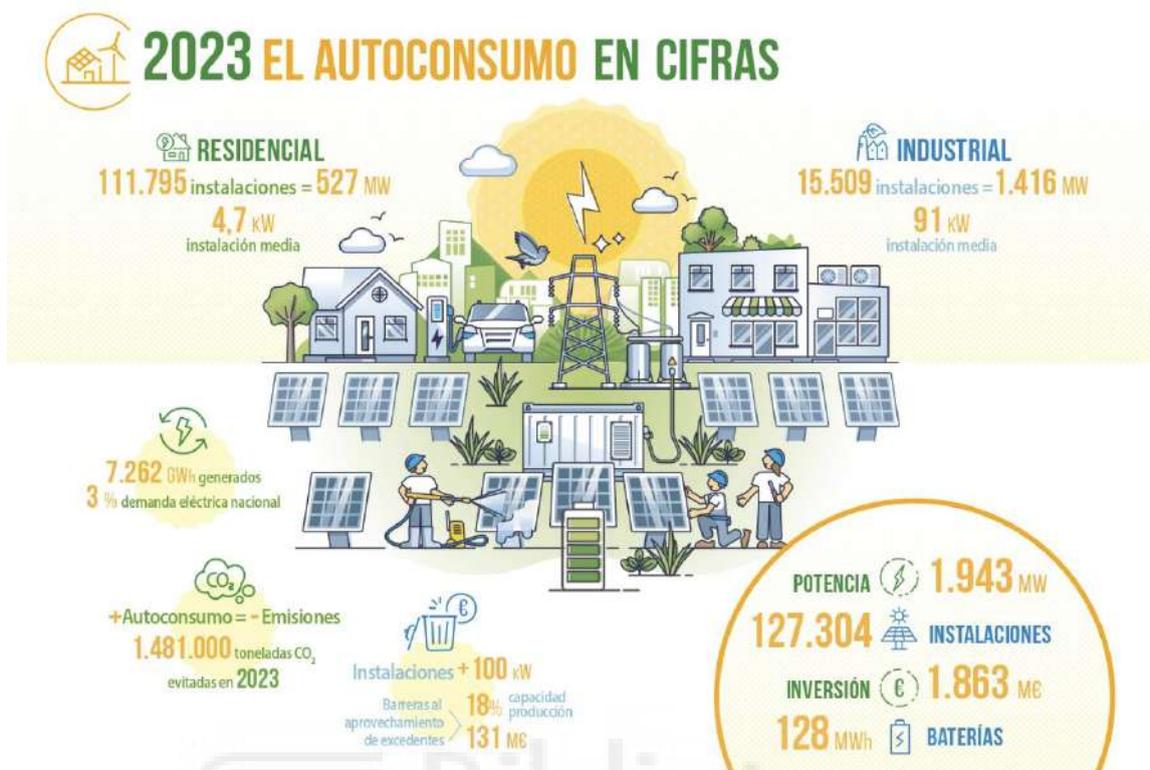


Figura 15: Autoconsumo en cifras

Durante 2023, el autoconsumo en España se ha consolidado como una tecnología confiable y competitiva, aunque se ha registrado una reducción del 28% en la potencia instalada en comparación con el año anterior. Sin embargo, esta disminución representa un aumento del 66% en comparación con el año 2021, cuando se produjo un récord en la instalación de 2.649 MW debido al impacto de los fondos Next Generation y los altos precios de la electricidad tras la invasión de Ucrania.

A pesar de esta reducción, muchas de las características que han impulsado el crecimiento del autoconsumo se mantienen constantes, como la continua reducción de costes tecnológicos, los avances regulatorios y la irradiación solar favorable en España. Estos factores, junto con la simplicidad y adaptabilidad de la tecnología, respaldan el desarrollo continuo del autoconsumo.

La potencia instalada en los hogares españoles en 2023 fue de 527 MW, un 49% menos que en 2022 pero el doble de lo instalado en 2021. Por otro lado, la potencia industrial, con una disminución del 13% respecto a 2022, fue un 58% superior a la instalada en 2021. Estos datos indican un crecimiento del 69% en comparación con 2021, manteniendo la

tendencia hacia las metas más ambiciosas de la Hoja de Ruta del Autoconsumo (APPA Renovables, 2024).

Los 1.943 MW instalados en 2023 reflejan la salud actual del sector y sugieren un camino hacia la meta de superar los 20 GW para final de década. Aunque los crecimientos de años anteriores fueron significativos, es crucial para el sector mantener un crecimiento sostenido a lo largo del tiempo y evitar los vaivenes causados por políticas inestables.

Para enfrentar los desafíos futuros, es necesario mejorar los procesos de tramitación y agilizar la conexión a la red eléctrica, así como abogar por políticas que faciliten el vertido de excedentes de energía en las grandes instalaciones. Desaprovechar esta electricidad renovable en un contexto de altas importaciones energéticas es contraproducente y debe corregirse.

En cuanto al autoconsumo industrial, se observa un fenómeno de desplazamiento debido a la escasez de inversores de alta potencia en 2022, lo que podría haber influido en la caída más moderada del 20% en comparación con la reducción del 40% en el autoconsumo doméstico. Esta tendencia sugiere una posible desaceleración más allá de la disminución natural esperada después del récord de 2022. A pesar de ello, los datos de 2023 muestran un progreso hacia las metas establecidas en el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC), aunque es importante no bajar la guardia.

Existen tres desafíos principales que debemos abordar para alcanzar estas metas. En primer lugar, es crucial reconocer la importancia del autoconsumo y su crecimiento constante en el panorama energético nacional. A pesar de los avances, aún se enfrentan obstáculos burocráticos y de tramitación que afectan tanto a los consumidores individuales como a las empresas. Además, se debe aprovechar el potencial del autoconsumo para impulsar otros cambios en las prácticas energéticas, como la adopción de vehículos eléctricos y sistemas de almacenamiento de energía.

Por último, es esencial priorizar la calidad sobre el precio al promover el autoconsumo, ya que esto permitirá reducir la dependencia energética, crear empleos de calidad y fomentar la competitividad industrial.

Durante el año 2023, se instalaron en España 1.943 MW de capacidad de autoconsumo, siendo el 27% de origen residencial (527 MW) y el 73% restante (1.416 MW) de origen industrial. Esta cifra marca la primera contracción anual en la serie histórica, atribuible principalmente al crecimiento excesivo experimentado en 2022. Aunque la capacidad

anual disminuyó un 27% con respecto al año anterior, aún representó un aumento del 69% en comparación con 2021. La caída más significativa se observó en las instalaciones residenciales, que se redujeron a la mitad en potencia, mientras que las industriales se mantuvieron casi iguales al año anterior, con solo un 4% menos de capacidad instalada (Muñoz, 2024).

El menor descenso en el autoconsumo industrial podría explicarse por la escasez de inversores de gran potencia a fines de 2022 y los retrasos en proyectos que optaban a fondos europeos. Sin embargo, es necesario esperar para confirmar si estas son las razones o si existe una desaceleración más pronunciada en el mercado industrial de autoconsumo.

En total, hay instalados en España 7.154 MW de capacidad de autoconsumo, superando la potencia de la energía nuclear en términos de capacidad instalada. Aunque no se pueden comparar directamente en términos de generación debido a las diferencias en las horas de funcionamiento, es crucial disponer de estadísticas precisas y actualizadas sobre el autoconsumo para el sistema eléctrico. Esta información utiliza datos de empresas del sector que cubren la mayoría de las instalaciones realizadas en el país y extrapolaciones basadas en una muestra de más de 1.000 instalaciones para analizar la generación, los ahorros y los costos asociados al autoconsumo.

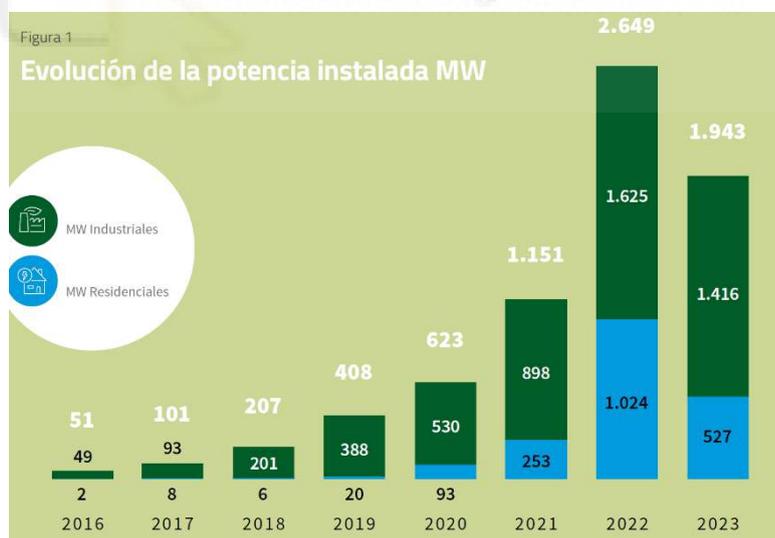


Figura 16: Evolución de la potencia instalada en MW

La reducción en la capacidad instalada de autoconsumo en 2023 se atribuye al hecho de que el año anterior, 2022, fue excepcionalmente propicio para la instalación de este tipo de sistemas en España. Aunque la tecnología fotovoltaica cuenta con características inherentes favorables, como su facilidad de instalación y costes competitivos, en 2022 se

sumaron factores coyunturales, como los altos precios del mercado eléctrico y los fondos europeos, que impulsaron las instalaciones por encima de la capacidad del mercado y de la senda necesaria para alcanzar las metas establecidas. Con la desaparición de estos factores en 2023, el ritmo de instalación de autoconsumo volvió a niveles más moderados.

Además de los 1.943 MW de capacidad instalada de autoconsumo, el informe también registra la instalación de 128 MWh de almacenamiento. La marcada reducción en la instalación de baterías durante este año (-69%) se debe también a la moderación de los precios del mercado eléctrico y a la falta de incentivos para su instalación.

En 2023, se llevaron a cabo 111,795 instalaciones residenciales, con un tamaño promedio de 4.7 kW, y 15,509 proyectos industriales, cuya potencia media fue de 91 kW. El número y tipo de instalaciones se dedujeron del análisis de los equipos utilizados, información proporcionada por las empresas del sector junto con la potencia total.

Se observa que el tamaño medio de los proyectos industriales ha aumentado significativamente en comparación con el año anterior, lo que refleja la tendencia de las empresas españolas a asegurar su consumo energético y reducir costes. En cuanto a la inversión realizada, se estima que la instalación residencial media habría requerido una inversión de 7,085 €, mientras que la instalación industrial tipo tendría un coste medio de 69,022 €, con una inversión total de 792 millones de euros para residencias y 1,070 millones de euros para instalaciones industriales (APPA Renovables, 2024).

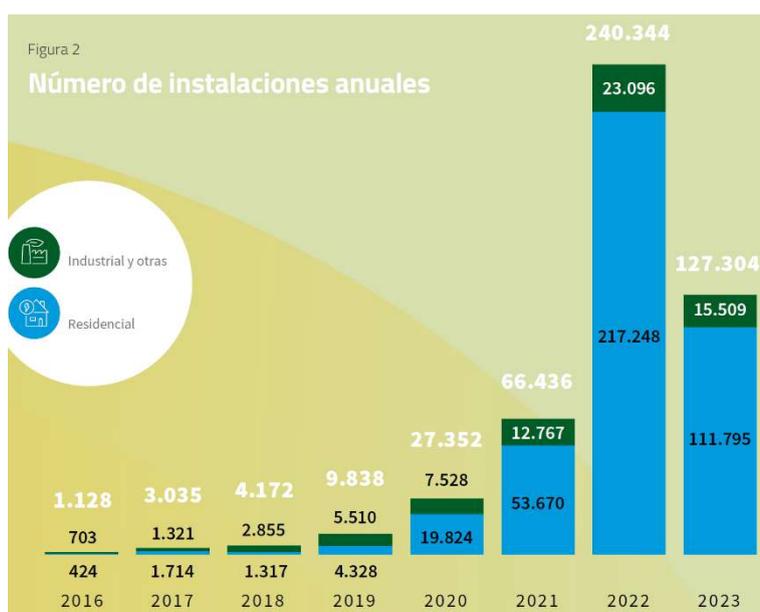


Figura 17: Número de instalaciones anuales

En 2023, el autoconsumo en España generó 7,262 GWh de electricidad, lo que representó un aumento del 59% con respecto al año anterior. Esta producción eléctrica equivalió al 3% de la demanda nacional, lo que supuso un aumento de 1,2 puntos porcentuales en comparación con el año 2022, donde la generación equivalente fue del 1,8%.

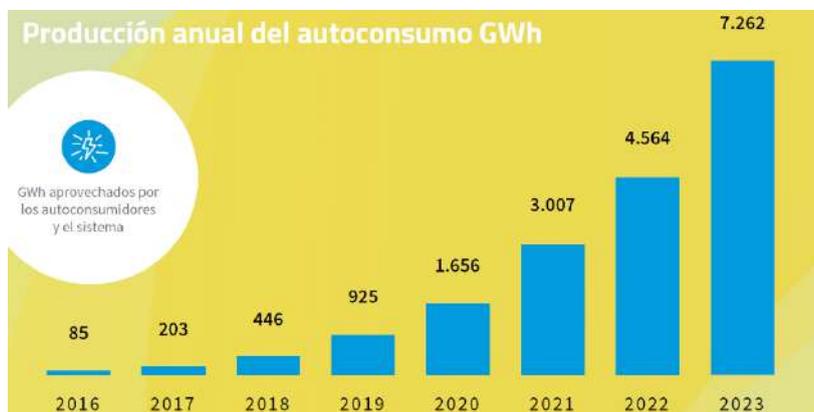


Figura 18: Producción anual de autoconsumo GWh



Figura 19: Cobertura de la demanda nacional con autoconsumo

Si se contabilizara el autoconsumo, el récord de generación eléctrica renovable en España sería aún mayor, alcanzando el 51,6% en lugar del 50,3%.

A pesar de que las estadísticas oficiales consideran el autoconsumo como una reducción de la demanda eléctrica del sistema, al comparar la generación con el consumo, se puede calcular la electricidad generada equivalente. Sin embargo, las barreras regulatorias y técnicas limitan el vertido de excedentes, lo que impide que toda la energía producida por el autoconsumo se aproveche completamente.

2.3 Potencial desaprovechado

Las grandes instalaciones de autoconsumo enfrentan obstáculos regulatorios y técnicos que limitan la capacidad de verter y aprovechar completamente los excedentes de electricidad. En 2023, se desperdiciaron 1,642 GWh de electricidad, equivalente al 0,7%

de la demanda total. Esto representa un 18% de la energía producida, lo que se traduce en pérdidas económicas de 131 millones de euros. Aunque la generación eléctrica potencial de las instalaciones de autoconsumo podría haber alcanzado los 8,903 GWh, solo se aprovecharon 7,262 GWh debido a las restricciones de vertido (APPA Renovables, 2024).

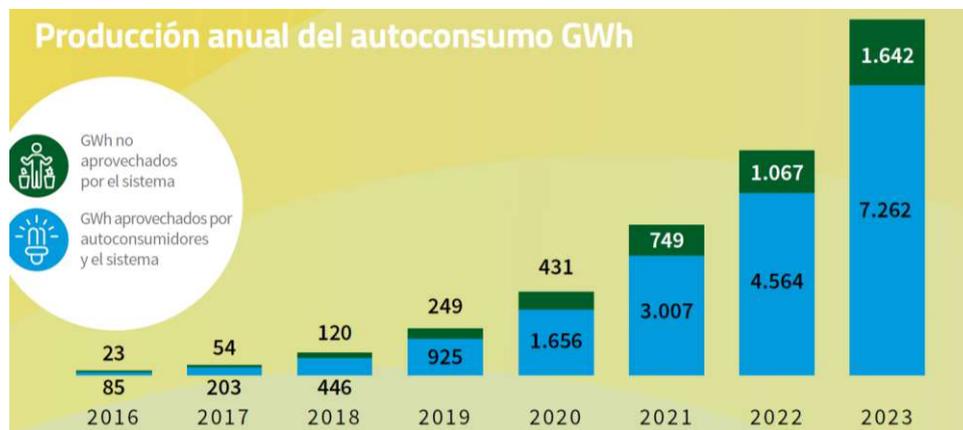


Figura 20: Producción anual de autoconsumo GWh



Figura 21: Cobertura de la demanda nacional con autoconsumo

Cada kWh no utilizado de las instalaciones de autoconsumo existentes representa un valor económico estimado de 130 millones de euros, considerando el precio medio del mercado eléctrico.

Sin embargo, más allá de este aspecto financiero, es crucial destacar que cada kWh no aprovechado debe ser generado por el actual mix energético, donde la mitad de la generación no es renovable. Uno de los desafíos futuros del sector del autoconsumo es lograr que estos excedentes de generación renovable, limpia y distribuida puedan integrarse en el sistema eléctrico.



Figura 22: Millones de € perdidos por energía no vertida al sistema

2.4 Autoconsumo y descarbonización

El principio de que el kWh más limpio es el que no se utiliza sigue siendo relevante en el contexto actual. Aunque el autoconsumo eléctrico se registra como una disminución en el consumo eléctrico, los usos eléctricos que atiende siguen existiendo. Por lo tanto, es esencial evaluar cómo contribuye el autoconsumo a la reducción de emisiones de carbono.

En el año 2023, la electricidad generada y utilizada mediante el autoconsumo fotovoltaico evitó la necesidad de consumir una cantidad equivalente de electricidad, la cual, de no ser por esta forma de generación y consumo, habría sido provista por un mix eléctrico que, aunque se inclina hacia las energías renovables, todavía es en su mayoría contaminante en la actualidad.

En el transcurso del año 2023, gracias al autoconsumo implementado en España, se logró evitar la emisión de alrededor de 1,4 millones de toneladas de CO₂, marcando la primera vez que se supera ampliamente la cifra del millón de toneladas en la serie histórica. Es importante destacar que este cálculo conservador podría subestimar las emisiones evitadas, ya que no incluye las emisiones asociadas a los sistemas aislados de la red, los cuales reemplazan a los grupos electrógenos de gasoil, mucho más contaminantes por kWh que el mix eléctrico actual.

Analizando la serie histórica, el autoconsumo ha evitado cerca de 3,7 millones de toneladas de CO₂ en total, representando un impacto significativo en la reducción de emisiones acumuladas a lo largo del tiempo.

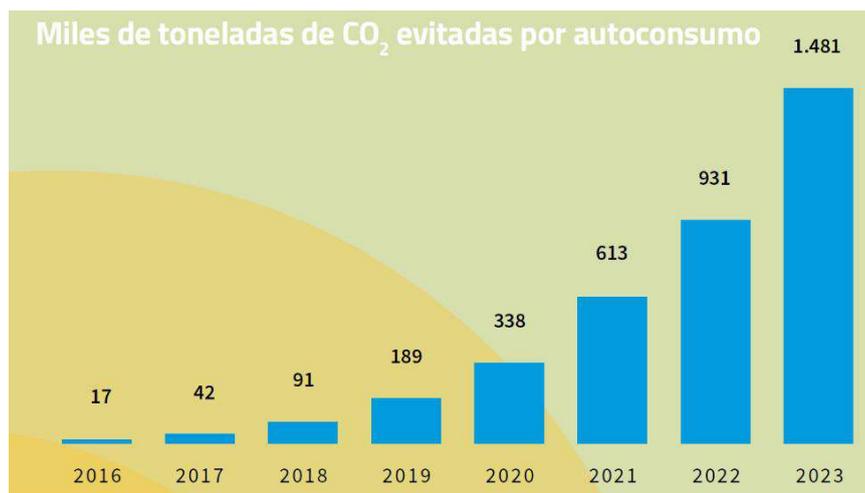


Figura 23: Miles de toneladas de CO₂ evitadas por autoconsumo

2.5 Ahorro

La razón principal para elegir una instalación de autoconsumo es garantizar un suministro eléctrico a precios competitivos, lo que genera la pregunta común: "¿Cuánto puedo ahorrar con mi instalación?".

El ahorro depende de varios factores, incluidos los precios fluctuantes del mercado eléctrico, lo que hace que la cifra sea válida solo para el período analizado. En el año 2023, el ahorro fue de 208 euros por cada kW instalado en el caso del autoconsumo residencial y de 152 euros por kW en instalaciones industriales.

Estas cifras se calculan considerando diversos aspectos, como el precio medio final proporcionado por Red Eléctrica, los cargos y peajes asociados, así como los márgenes de comercialización. Por ejemplo, para una instalación residencial típica de 4,7 kW, el ahorro anual habría sido de 981 euros, lo que representa aproximadamente el 14% de la inversión media realizada de 7.085 euros, lo que implica que la inversión se recupere en alrededor de siete años.

€ Ahorro por kW instalado	
Residencial	208
Empresas	152

Figura 24: Euro ahorrado por kW instalado

La instalación industrial de tamaño medio, que tuvo una potencia de 91 kW en 2023, habría generado ahorros por un valor de 13.870 euros. Esto representa aproximadamente el 20% de la inversión media para esa potencia, que fue de 69.023 euros, lo que significa que la inversión se habría recuperado en cinco años.

Si miramos al año 2022, cuando se inició a contrastar la información presentada, los ahorros acumulados habrían sido de 2.574 euros para la instalación residencial y de 39.442 euros para la instalación industrial.

Dado que estas instalaciones están diseñadas para tener una vida útil superior a los veinticinco años y que el retorno de la inversión está garantizado durante ese período, es crucial priorizar la calidad sobre el precio. Esto implica asegurar la participación de profesionales certificados y el uso de materiales y equipos de alta calidad.

2.6 Impacto macroeconómico nacional

El autoconsumo no solo se limita a los datos de generación y potencia instalada; es un sector dinámico y en constante desarrollo que está ganando una importancia cada vez mayor en la economía nacional. En el año 2022, el sector empleó a 14.215 profesionales y contribuyó con 2.417 millones de euros al Producto Interno Bruto (PIB) del país.

Desde 2008, APPA Renovables ha estado elaborando el Estudio del Impacto Macroeconómico de las Energías Renovables en España, que analiza cómo diferentes tecnologías renovables afectan a la economía nacional. En la última edición de este estudio, se examina detalladamente el impacto específico del autoconsumo dentro de la tecnología fotovoltaica.

En 2022, el sector del autoconsumo empleó a un total de 14.215 trabajadores en España. De estos, 10.477 estaban directamente relacionados con el sector, mientras que 3.738 estaban en empleos indirectos generados por el efecto arrastre de la actividad del autoconsumo.



Figura 25: Empleos generados por el autoconsumo 2021-2022

Esto significa que el autoconsumo representó el 11% de todos los empleos del sector renovable nacional. En cuanto a su contribución al Producto Interno Bruto (PIB) nacional, el autoconsumo aportó un total de 2.417 millones de euros en 2022. De esta cifra, 2.165 millones de euros fueron directamente atribuibles a la actividad del sector, mientras que 251 millones fueron de contribución indirecta.

Se espera que, en los próximos años, tanto el empleo como la contribución al PIB experimenten una ligera disminución debido a la reducción en la potencia instalada en 2023 y a la reducción de costos de los equipos, lo que ha hecho que los proyectos sean más competitivos en términos de precios.

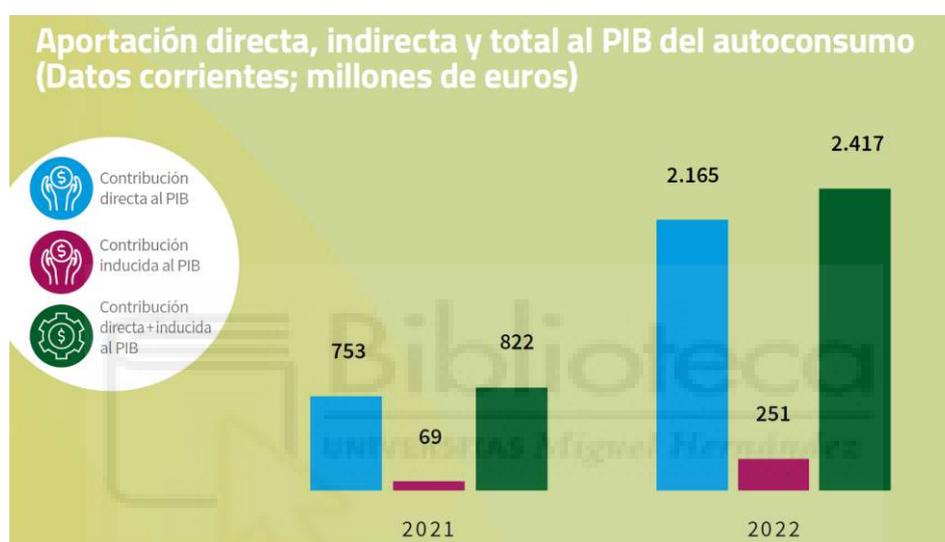


Figura 26: Aportación directa, indirecta y total al PIB del autoconsumo

3 CONCEPTOS CLAVE EN UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

En este apartado se profundiza en los conceptos esenciales relacionados con las instalaciones fotovoltaicas. Se abordan aspectos esenciales como los modos de conexión a la red eléctrica, las modalidades de autoconsumo, los elementos principales de la instalación, la legislación aplicable, y otros factores relevantes como la radiación solar.

3.1 Modalidades de autoconsumo

Una persona que practica el autoconsumo es aquella que consume energía eléctrica de forma habitual y decide producir parte de esta energía por sí mismo, a través de una instalación generadora como, por ejemplo, paneles solares fotovoltaicos, los cuales están conectados a la estructura de su residencia o local entre otros (Hilcu, 2024).

Asimismo, dicha persona tiene la opción de incorporar sistemas de almacenamiento para guardar la energía generada durante los períodos de producción en los que no esté consumiendo toda la energía que ha producido.

En España, la práctica del autoconsumo de energía eléctrica para instalaciones conectadas a la red de distribución eléctrica de la zona está regulada por Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica y el Real Decreto-Ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de consumidores, que deroga muchos puntos de la anterior normativa, establecida por el Real Decreto-Ley 900/2015.

Las instalaciones de autoconsumo aisladas de la red se caracterizan por la falta de posibilidad física de conexión con la red eléctrica, lo que las excluye del ámbito de aplicación del Real Decreto. Bajo esta legislación actualizada, la generación distribuida opera dentro de un modelo de libre mercado.

3.1.1 Autoconsumo individual vs colectivo

El marco legal del autoconsumo establece dos categorías principales (Thegap, 2021):

- **Autoconsumo individual:** Se refiere a la instalación fotovoltaica destinada a satisfacer las necesidades energéticas de un solo consumidor. Por ejemplo, cuando se implementa un sistema de generación fotovoltaica en una vivienda unifamiliar, un negocio, una oficina o una industria.

- **Autoconsumo colectivo:** En este caso, la instalación fotovoltaica abastece energía a múltiples consumidores. Un ejemplo común es cuando se instalan paneles solares en la azotea de un edificio para suministrar energía a todos los apartamentos, a algunos de ellos o a las áreas comunes.

Es importante destacar que los consumidores deben elegir una sola modalidad de autoconsumo y necesitan contar con un contrato de suministro de electricidad o un acuerdo de acceso directo con la empresa distribuidora para beneficiarse de estas opciones.

Las diferencias más destacadas entre las opciones de autoconsumo individual y colectivo se centran en varios aspectos clave:

- **Generación de energía:** En el autoconsumo individual, el propietario consume la energía que genera su instalación, a menos que utilice baterías para almacenarla, lo que puede aumentar el coste de la instalación. En cambio, en el autoconsumo colectivo, la energía se distribuye entre varios consumidores según sus necesidades individuales, lo que favorece una mayor eficiencia.
- **Inversión:** En el autoconsumo individual, todos los costes de la instalación recaen en una sola persona, lo que a veces puede resultar en una carga financiera elevada. Por otro lado, en el autoconsumo colectivo, la inversión se divide entre todos los beneficiarios, lo que reduce considerablemente el desembolso e incluso puede resultar gratuito si se participa en una comunidad solar sin inversión inicial.
- **Ubicación de la instalación:** Mientras que en el autoconsumo individual se requiere utilizar la propiedad del consumidor para instalar la infraestructura necesaria, en el colectivo se puede aprovechar el tejado disponible en edificios comunes o incluso alquilar un terreno para este fin.
- **Reparto de energía:** En el autoconsumo individual, la energía se conecta directamente a la red interna del propietario, mientras que, en el colectivo, se realiza virtualmente mediante un sistema de medición compartido.
- **Condiciones de instalación:** Para el autoconsumo individual, se necesitan ciertas condiciones como un tejado propio con buena orientación solar, fondos para invertir en la instalación y un alto consumo energético que coincida con las horas de mayor radiación solar. En cambio, para el autoconsumo colectivo, no es

necesario tener tejado propio ni realizar una inversión inicial, sino estar dispuesto a participar en una comunidad solar existente o promover una entre los vecinos.



Figura 27: Autoconsumo individual vs colectivo

3.1.2 Autoconsumo compartido (Comunidades energéticas)

En España, alrededor del 65% de la población vive en bloques de viviendas con áreas comunes, como terrazas, que pueden usarse para instalar sistemas de energía solar. Esto hace relevante el concepto de Autoconsumo Compartido en comunidades de vecinos. Este modelo permite a los residentes compartir una instalación fotovoltaica, reduciendo así las barreras de entrada debido al alto costo inicial y distribuyendo tanto los gastos como la energía producida (Fajardo, 2021).

El autoconsumo compartido implica la instalación de paneles solares que generan electricidad para varios usuarios conectados a la misma red. Según el Real Decreto 244/2019, el objetivo es que varias viviendas o negocios puedan beneficiarse de la energía solar generada colectivamente. Este tipo de autoconsumo no solo es aplicable a comunidades de vecinos, sino también a grupos de casas unifamiliares en urbanizaciones y a empresas en polígonos industriales.

- **Autoconsumo a través de una red interior:** Toda la energía generada se consume dentro de la red interna sin conexión a la red pública.

- **Autoconsumo conectado a la red pública:** Los excedentes de energía no utilizados se compensan mediante la comercializadora porque están conectados a la red pública.

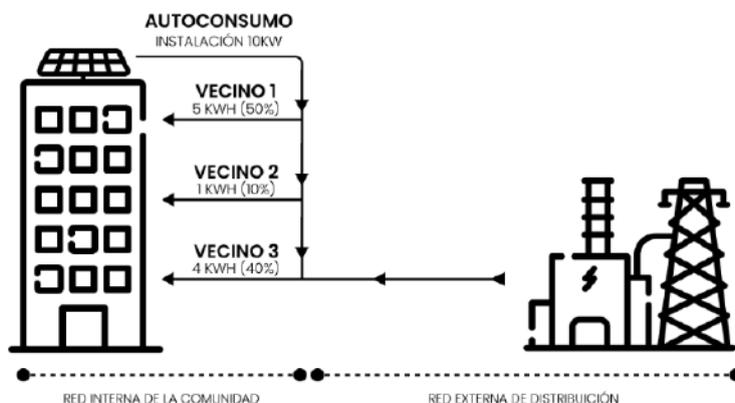


Figura 28: Autoconsumo colectivo

El autoconsumo colectivo permite que varios usuarios compartan energía solar y es comúnmente utilizado en (Jiménez Goas, 2020):

- **Urbanizaciones residenciales:** Vecinos de una calle pueden compartir la energía generada por una instalación solar.
- **Edificios y comunidades de propietarios:** Una instalación en la azotea puede distribuir energía entre los diferentes residentes.
- **Polígonos industriales:** Empresas en distintas naves industriales pueden beneficiarse de una única instalación solar.

Hay que destacar las siguientes ventajas del autoconsumo compartido:

- **Accesibilidad:** Permite a personas sin espacio adecuado para paneles solares aprovechar la energía solar.
- **Ahorro:** Los usuarios pueden reducir su factura de luz al disminuir su dependencia de las comercializadoras.
- **Rápida amortización:** El ahorro en consumo reduce rápidamente la inversión inicial.
- **Costes compartidos:** Los gastos de instalación se distribuyen entre varios usuarios, reduciendo la carga financiera individual.
- **Beneficios fiscales:** Muchas ciudades y municipios ofrecen ventajas fiscales a las comunidades que instalan autoconsumo compartido.

- **Exención de peajes y cargas:** Estas instalaciones no están sujetas a ciertos peajes y cargas.

La distribución de la energía se realiza mediante coeficientes de reparto, que asignan un porcentaje de la energía a cada participante según su consumo. El acuerdo de reparto, que debe ser firmado por todos los participantes antes de la instalación, puede ser fijo o variable por horas y solo puede modificarse cada 12 meses.

El reparto de la energía en el autoconsumo compartido puede generar dudas. La energía producida no necesariamente se distribuye por igual entre todos los participantes. Este reparto puede gestionarse por la distribuidora o los propios miembros del autoconsumo colectivo.

La distribuidora elabora un informe de consumo para definir los coeficientes óptimos de reparto. Los miembros pueden determinar el reparto basándose en:

- La potencia contratada por cada beneficiario.
- La contribución económica a la instalación.
- El estudio de consumo proporcionado por la distribuidora.
- Otros acuerdos previos a la instalación.
- Distancia para el Autoconsumo Compartido

El límite actual para formar parte de un autoconsumo compartido es de 2 km de la instalación fotovoltaica, según el Real Decreto-ley 20/2022, de 27 de diciembre. Anteriormente, era de 500 metros, pero se amplió debido a quejas del sector.

Para proceder con una instalación fotovoltaica compartida, se deben cumplir ciertos requisitos:

- **Acuerdo Vecinal:** El 75% de los vecinos deben estar de acuerdo, o un tercio si solo algunos desean instalar.
- **Conexión:** Los equipos deben estar conectados a la red interior de los consumidores asociados o mediante líneas directas.

La generación y el consumo deben estar a menos de 2 km si la instalación se ubica en:

- Cubiertas de edificaciones.
- Suelo industrial.
- Estructuras artificiales no destinadas a la generación de electricidad.
- Los paneles y los beneficiarios deben compartir la misma referencia catastral.

El autoconsumo solar compartido puede aplicarse de diversas maneras, dependiendo de las decisiones de los propietarios:

- La energía generada se usa para zonas comunes como ascensores, pasillos, garajes, patios y piscinas.
- La energía también se destina a las viviendas de los vecinos.
- Beneficia solo a algunos vecinos o empresas, en casos donde no todos aceptan participar en la instalación.

El autoconsumo compartido es una alternativa efectiva para reducir la inversión inicial en instalaciones fotovoltaicas. Permite que varias personas o negocios compartan los costes y consuman energía propia sin asumir todos los cargos de instalación.

3.2 Tipos de autoconsumo según los excedentes

3.2.1 Sin excedentes

Este método de autoconsumo implica conectar sistemas fotovoltaicos a la red eléctrica con un dispositivo antivertido incorporado. Esta característica evita que la energía eléctrica sobrante se vierta a la red, lo que significa que la energía generada pero no utilizada en ese momento no se devuelve a la red eléctrica. Esta forma de autoconsumo es especialmente adecuada para consumidores que desean utilizar la energía solar exclusivamente para cubrir sus propias necesidades. Además, existe la posibilidad de almacenar los excedentes en baterías para su uso posterior (Fernández Díaz, 2023).

Por otro lado, en el caso del autoconsumo colectivo sin excedentes, los usuarios pueden optar por un sistema de compensación de excedentes. Este mecanismo permite redistribuir la energía sobrante entre varios consumidores que están asociados al sistema de generación. Esta opción fomenta la colaboración y la eficiencia energética en comunidades de vecinos.

3.2.2 Con excedentes

En contraste, el autoconsumo con excedentes permite que las instalaciones fotovoltaicas no solo suministren energía eléctrica para el consumo interno, sino que también puedan verter el exceso de energía a las redes de distribución y transporte. Esta forma de autoconsumo se aplica a instalaciones de generación eléctrica que están ubicadas cerca de los puntos de consumo y están conectadas a ellos. Esto puede lograrse a través de la red interna del consumidor o mediante la red de distribución o transporte (Flor, 2023).

Según la legislación vigente, hay dos tipos de autoconsumo fotovoltaico CON excedentes:

Autoconsumo CON excedentes ACOGIDO A COMPENSACIÓN:

En esta modalidad, tanto el productor como el consumidor eligen participar en el sistema de compensación de excedentes. El consumidor utiliza primero la energía generada por la instalación fotovoltaica para satisfacer sus necesidades. Sin embargo, si la demanda supera la producción, puede complementar su consumo adquiriendo energía de la red eléctrica.

Cuando se produce más energía de la necesaria y no se consume por completo, los excedentes pueden ser vertidos a la red eléctrica. Durante cada período de facturación, que suele ser mensual, la compañía eléctrica emite una factura que compensa el coste de la energía comprada de la red con la energía excedentaria vertida a la misma. Esta última se valora al precio promedio del mercado horario menos los costes de desviación. Es importante destacar que el saldo de la factura no puede ser negativo.

Sin duda, esta modalidad de autoconsumo fotovoltaico resulta altamente conveniente. Sin embargo, para acogerse a ella, es necesario cumplir con ciertas condiciones:

- La fuente primaria de energía debe ser de origen renovable.
- La potencia total de las instalaciones de producción asociadas no puede exceder los 100 kW de potencia nominal.
- El consumidor debe suscribir un único contrato de suministro con una empresa comercializadora tanto para el consumo asociado como para los consumos auxiliares.
- Tanto el consumidor como el productor deben firmar un contrato de compensación de excedentes de autoconsumo, conforme a lo establecido en el artículo 14 del Real Decreto 244/2019.

Autoconsumo CON excedentes NO ACOGIDO A COMPENSACIÓN:

Único entre los tipos de autoconsumo fotovoltaico que permite vender excedentes. En esta segunda modalidad, los autoconsumos con excedentes no cumplen con alguno de los requisitos necesarios para pertenecer a la modalidad de compensación anterior. O bien, deciden manera voluntaria, no acogerse a ella. En este caso, los excedentes de energía

generados por la instalación fotovoltaica van a ser volcados a la red, pero en régimen de venta, no de compensación (García Hernández, 2021).

3.3 Tramites de legalización

Los procedimientos para regularizar las instalaciones en los distintos tipos de autoconsumo fotovoltaico se pueden condensar en los dos esquemas siguientes. Estos esquemas están elaborados a partir de la Guía Profesional de Tramitación del Autoconsumo, un recurso publicado por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) y la Asociación de Agencias Españolas de Gestión de la Energía.

3.1.1 Legalización de Instalaciones de autoconsumo sin excedentes

Tabla 1: Legalización instalación autoconsumo sin excedentes

Trámite	Instalación de baja tensión (BT) potencia $\leq 10\text{kW}$	Instalación de baja tensión (BT) potencia $> 10\text{kW}$	Instalación de alta tensión (AT)	Organismo o entidad ante la que debe tramitarse
Diseño de instalación	Presentar memoria técnica de diseño teniendo en cuenta los criterios de la ITC-BT-04 del Reglamento Eléctrico de Baja Tensión (REBT)	Presentar proyecto técnico	Presentar proyecto técnico	
Permisos de acceso / Avaluos o garantías	Exentas de permisos. Pero es indispensable solicitar el código de autoconsumo (CAU)			DISTRIBUIDORA
Autorizaciones ambientales y de utilidad pública	Instalación de baja tensión (BT) potencia $\leq 100\text{kW}$	Instalación de baja tensión (BT) potencia $> 100\text{kW}$	Instalación de alta tensión (AT)	ADMINISTRACIÓN AUTONÓMICA
	Consultar con la Comunidad Autónoma			
Autorización administrativa previa y de construcción	Exentas	Consultar con la Comunidad Autónoma / Posibilidad de exención	Consultar con la Comunidad Autónoma	ADMINISTRACIÓN AUTONÓMICA

		hasta 500kW		
Licencia de obras e impuesto de construcciones y obras (ICIO)	La licencia de obras para instalaciones de autoconsumo ha sido eliminada como requisito en la mayoría de las Comunidades Autónomas. Sin embargo, es imprescindible consultar la normativa particular de cada ayuntamiento en relación con el emplazamiento elegido.			ADMINISTRACIÓN LOCAL
Ejecución de las instalaciones				
Inspección inicial e inspecciones periódicas	Instalación BT, potencia \leq 100kW	Instalación BT, potencia $>$ 100kW	Instalación AT	ADMINISTRACIÓN AUTONÓMICA
	Consultar con la Comunidad Autónoma			
Certificados de instalación y/o certificados de fin de obra	Instalación BT, potencia \leq 10kW	Instalación BT, potencia $>$ 10kW	Instalación AT	ADMINISTRACIÓN AUTONÓMICA
	Certificado de instalación	Certificado de instalación y Certificado de fin de obra	Documentación de puesta en servicio AT, de acuerdo con el Reglamento Eléctrico de AT	
Autorización de explotación	Instalación BT, potencia \leq 100kW	Instalación BT, potencia $>$ 100kW	Instalación AT	ADMINISTRACIÓN AUTONÓMICA
	No necesita trámite, solo Certificado de instalación	Consultar con la Comunidad Autónoma		
Contrato de acceso y contrato de suministro del consumidor	La distribuidora debe modificar el contrato de acceso con la información aportada por la Comunidad Autónoma.	El consumidor debe solicitar el cambio del contrato de acceso		DISTRIBUIDORA O COMERCIALIZADORA
	En todos los casos, es necesario modificar el cambio de contrato de suministro del consumidor con su comercializadora para reflejar la modalidad de autoconsumo elegida.			
Contrato de suministro de energía para	Exentas			ADMINISTRACIÓN LOCAL

Trabajo Final de Máster

servicios auxiliares				
Licencia de actividad	Exentas. No obstante, es necesario consultar la normativa particular del Ayuntamiento sobre el emplazamiento elegido.			ADMINISTRACIÓN LOCAL
Acuerdo de reparto y Contrato de compensación de excedentes	AUTOCONSUMO INDIVIDUAL: No aplica AUTOCONSUMO COLECTIVO: No existe contrato. La comercializadora debe notificar a la Empresa Distribuidora (ED) del acuerdo de reparto y compensación.			DISTRIBUIDORA O COMERCIALIZADORA
Inscripción en el registro autonómico de autoconsumo	Instalación BT, potencia \leq 100kW	Instalación BT, potencia $>$ 100kW	Instalación AT	ADMINISTRACIÓN AUTONÓMICA
	Trámite de oficio en las Comunidades Autónomas donde aplique.	Sí, si existe.		
Inscripción en el registro administrativo de autoconsumo de energía eléctrica	Instalación BT, potencia \leq 100kW	Instalación BT, potencia $>$ 100kW	Instalación AT	ADMINISTRACIÓN AUTONÓMICA
	Trámite de oficio realizado mediante las Comunidades Autónomas. Estas deben enviar la información, vía telemática, al Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO).			
Inscripción en el Registro Administrativo de Instalaciones de Producción de Energía Eléctrica (RAIPEE)	No aplica			ADMINISTRACIÓN AUTONÓMICA
Contrato de representación en mercado para venta de energía	No aplica			COMERCIALIZADORA

3.2.2 Legalización de Instalaciones de autoconsumo con excedentes

Tabla 2: Legalización instalación autoconsumo con excedentes

Trámite	Instalación BT potencia \leq 10kW	Instalación BT potencia $>$ 10kW	Instalación AT	Organismo o entidad ante la que debe tramitarse
Diseño de instalación	Memoria técnica de diseño teniendo en cuenta los criterios de la ITC-BT-04 del REBT	Presentar proyecto técnico	Presentar proyecto técnico	
Permisos de acceso / Avaluos o garantías	Es indispensable solicitar el CAU			DISTRIBUIDORA
	Suelo urbano con dotaciones y servicios requeridos por la legislación	Otra tipología de suelo		
Permiso de acceso y conexión				
Instalación BT potencia \leq 15kW	Instalación BT potencia $>$ 15kW	Instalación de AT	Instalación BT	Instalación de AT
Exentas	Sí	Sí	Sí	Sí
Avaluos y garantías – 40€ por kW				
Instalación con potencia \leq 100kW			Instalación con potencia $>$ 100kW	
Exentas				Sí
Tramitación de acceso y conexión para aquellas instalaciones que lo requieran				
Instalación BT potencia \leq 15kW	Instalación BT potencia $>$ 15kW- potencia $<$ 100kW			Instalación de AT
Según Real Decreto (RD) 1183/2020	Según RD 1699/2011			De acuerdo a RD 1183/2020, RD 1955/2000 y RD 1699/2011

Trabajo Final de Máster

Autorizaciones ambientales y de utilidad pública	Instalación BT potencia \leq 100kW	Instalación BT potencia $>$ 100kW	Instalación AT	ADMINISTRACIÓN AUTONÓMICA
	Consultar con la Comunidad Autónoma	Consultar con la Comunidad Autónoma	Consultar con la Comunidad Autónoma	
Autorización administrativa previa y de construcción	Instalación BT potencia \leq 100kW	Instalación BT potencia $>$ 100kW	Instalación AT	ADMINISTRACIÓN AUTONÓMICA
	Exentas	Consultar con la Comunidad Autónoma Posible exención hasta 500kW	Sí	
Licencia de obras e impuesto de construcciones y obras (ICIO)	Es imprescindible consultar la normativa particular de cada ayuntamiento en relación con el emplazamiento elegido			ADMINISTRACIÓN LOCAL
Ejecución de las instalaciones				
Inspección inicial e inspecciones periódicas	Instalación BT, potencia \leq 100kW	Instalación BT, potencia $>$ 100kW	Instalación AT	ADMINISTRACIÓN AUTONÓMICA
	Consultar con la CA	Consultar con la CA	Consultar con la CA	
Certificados de instalación y/o certificados fin de obra	Instalación BT, potencia \leq 10kW	Instalación BT, potencia $>$ 10kW	Instalación AT	ADMINISTRACIÓN AUTONÓMICA
	Certificado de instalación	Certificado de instalación. Certificado de fin de obra.	Documentación de puesta en servicio AT, de acuerdo con el Reglamento Eléctrico de AT.	
Autorización de Explotación	Instalación BT, potencia \leq 10kW	Instalación BT, potencia $>$ 10kW	Instalación AT	ADMINISTRACIÓN AUTONÓMICA
	No necesita trámite, solo Certificado de instalación	Sí. Consultar con la CA	Sí. Consultar con la CA	

Contrato de acceso y contrato de suministro del consumidor	Instalación BT, potencia \leq 100kW	Instalación BT, potencia $>$ 100kW	Instalación AT	DISTRIBUIDORA O COMERCIALIZADORA	
	La distribuidora debe modificar el contrato de acceso con la información aportada por la Comunidad Autónoma	El consumidor debe solicitar el cambio del contrato de acceso	El consumidor debe solicitar el cambio del contrato de acceso		
	En todos los casos, es necesario modificar el cambio de contrato de suministro del consumidor con su comercializadora para reflejar la modalidad de autoconsumo elegida.				
Contrato de suministro de energía para servicios auxiliares	Es obligatorio, excepto en los casos en los que los servicios auxiliares se consideren despreciables. En ciertos casos, es posible unificarlo con el contrato de consumo.			DISTRIBUIDORA O COMERCIALIZADORA	
Licencia de actividad	Acogidas a compensación	No acogidas a compensación		ADMINISTRACIÓN LOCAL	
	Exentas. Consultar con la normativa del Ayuntamiento.	Sí. Consultar con la normativa del Ayuntamiento.			
Acuerdo de reparto y contrato de compensación de excedentes	INDIVIDUALES	COLECTIVAS		DISTRIBUIDORA O COMERCIALIZADORA	
	Acogidas a compensación: Contrato de compensación de excedentes. No acogidas a compensación: No aplica	Acogidas a compensación : Acuerdo de reparto + Contrato de compensación . No acogidas a compensación : Acuerdo de reparto.			
Inscripción en el registro autonómico de autoconsumo	Instalación BT, potencia \leq 100kW		Instalación BT, potencia $>$ 100kW	Instalación AT	ADMINISTRACIÓN AUTONÓMICA

	Trámite de oficio en las Comunidades Autónomas donde aplique.		Sí, si existe.	Sí, si existe.	
Inscripción en el registro administrativo de autoconsumo de energía eléctrica	Instalación BT, potencia $\leq 100\text{kW}$		Instalación BT, potencia $> 100\text{kW}$	Instalación AT	ADMINISTRACIÓN AUTONÓMICA
	Trámite de oficio realizado mediante las Comunidades Autónomas. Estas deben enviar la información, vía telemática, al Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO).				
Inscripción en el Registro Administrativo de Instalaciones de Producción de Energía Eléctrica (RAIPEE)	INSTALACIONES ACOGIDAS A COMPENSACIÓN	NO ACOGIDAS A COMPENSACIÓN	ADMINISTRACIÓN AUTONÓMICA		
	No aplica	Sí. Para las de potencia $< 100\text{kW}$ no es obligatorio			
Contrato de representación en mercado para venta de energía	INSTALACIONES ACOGIDAS A COMPENSACIÓN	NO ACOGIDAS A COMPENSACIÓN	COMERCIALIZADORA		
	No aplica	Sí			
Notificaciones operacionales	SIN excedentes y CON excedentes con potencia $< 15\text{kW}$	CON EXCEDENTES (Restantes)	GESTOR DE RED		
	No aplica	Sí.			

3.4 Radiación solar

La radiación solar es la energía electromagnética emitida por el sol y que llega a la Tierra. Esta radiación es fundamental para la generación de energía en sistemas fotovoltaicos. Se compone de diferentes componentes, que incluyen la radiación directa, difusa y reflejada (Aparicio, 2020).

Radiación Directa

La radiación directa es la radiación solar que llega a la superficie terrestre sin haber sido dispersada ni absorbida por la atmósfera. Esta radiación proviene directamente del sol y es la responsable de la formación de sombras bien definidas. Las principales características de la radiación directa es que es la más intensa de los tres tipos, proviene directamente del sol y su intensidad depende de la posición del sol en el cielo. Es muy importante en aplicaciones solares como la energía solar fotovoltaica y térmica.

Radiación Difusa

La radiación difusa es la radiación solar que ha sido dispersada por moléculas y partículas en la atmósfera. Debido a esta dispersión, la radiación difusa llega a la superficie terrestre desde todas direcciones del cielo, no solo desde la dirección del sol. En sus características incluye, menos intensidad que la radiación directa y no genera sombras definidas.

También es aprovechable en aplicaciones solares, especialmente en condiciones de cielo nublado o parcialmente nublado.

Radiación Reflejada

La radiación reflejada es la radiación solar que ha llegado a la superficie terrestre y ha sido reflejada nuevamente hacia la atmósfera. Este tipo de radiación depende mucho de las características de la superficie sobre la que incide, como su albedo (capacidad de reflexión). Superficies claras como nieve o arena reflejan más radiación que superficies oscuras como asfalto o agua.

No tiene una dirección fija, ya que depende del ángulo de incidencia y de la superficie que refleja la radiación. Es menos aprovechable directamente en aplicaciones solares, pero es importante para el balance energético y estudios climáticos.

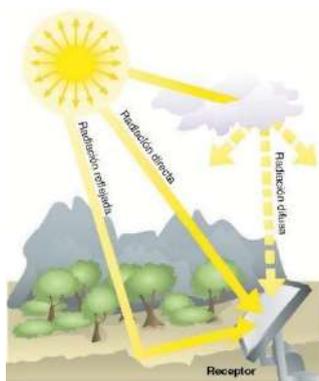


Figura 29: Tipos de radiación

La suma de la radiación directa y difusa que llega a una superficie se denomina radiación global. En aplicaciones solares, como en el diseño de sistemas de energía solar, es importante considerar los tres tipos de radiación para maximizar la eficiencia y el rendimiento.

La cantidad y calidad de la radiación solar recibida por un sistema fotovoltaico determinan su rendimiento y eficiencia. Los sistemas deben diseñarse considerando la trayectoria del sol, las condiciones climáticas locales, y las características estacionales para optimizar la absorción de radiación solar durante todo el año.

Factores que afectan la radiación solar

- **Ubicación Geográfica:** La latitud influye significativamente en la cantidad de radiación solar recibida. Las regiones cercanas al ecuador reciben una mayor cantidad de radiación solar debido a la menor inclinación de los rayos.
- **Estación del Año:** La inclinación del eje terrestre causa variaciones en la intensidad de la radiación solar a lo largo del año. Los días son más largos en el verano y más cortos en el invierno, afectando la duración de exposición solar.
- **Condiciones Atmosféricas:** La nubosidad, la humedad y la polución pueden reducir la cantidad de radiación solar que llega a la superficie, modificando tanto la cantidad de radiación directa como la difusa.

3.5 Sol

El sol es el motor detrás de toda la energía solar que recibe la Tierra, y su papel es crucial en la generación de energía fotovoltaica. Funcionando como una gigantesca esfera de plasma, genera energía a través de reacciones nucleares en su núcleo, donde el hidrógeno se fusiona para formar helio, liberando enormes cantidades de energía en el proceso. Esta energía se emite en el espacio principalmente en forma de radiación electromagnética, que incluye no solo la luz visible sino también componentes infrarrojos y ultravioletas (Nandwani, 2005).

La cantidad de energía solar que llega a la Tierra está determinada por varios factores, siendo el más notable la distancia entre la Tierra y el sol. Sin embargo, a pesar de esta gran distancia, la energía que llega es más que suficiente para satisfacer las necesidades energéticas globales.

La radiación solar que incide en la Tierra es el resultado de un viaje de aproximadamente 8 minutos desde el sol, atravesando el vacío del espacio. Al llegar a la atmósfera terrestre, parte de esta radiación es absorbida, reflejada o dispersada por las moléculas de aire, nubes y otros elementos atmosféricos, pero una cantidad significativa alcanza la superficie terrestre, siendo capturada por los sistemas fotovoltaicos.

Los sistemas solares fotovoltaicos utilizan células solares, típicamente hechas de silicio, para convertir esta radiación solar directa en electricidad. La eficacia con la que estas células pueden convertir la luz solar en electricidad depende en gran medida de la intensidad y calidad de la radiación solar que reciben. Esta eficacia es influenciada por el ángulo de incidencia del sol, que varía según la hora del día y la estación del año, así como por la latitud geográfica y las condiciones climáticas locales.

3.6 Nubes

Las nubes juegan un papel significativo en la modulación de la cantidad de radiación solar que llega a la superficie de la Tierra, y, por lo tanto, tienen un impacto directo en la eficiencia de los sistemas solares fotovoltaicos. Aunque a menudo se perciben como un impedimento para la generación solar, las nubes pueden tener efectos tanto negativos como positivos en la captación solar (EPIA, 2012).

Desde una perspectiva negativa, las nubes pueden obstruir la luz solar directa que es esencial para la máxima eficiencia de los paneles solares. Cuando las nubes cubren el sol, la intensidad de la radiación solar que alcanza los paneles disminuye drásticamente, lo que reduce la cantidad de energía que los paneles pueden generar. Este efecto es particularmente notable durante días completamente nublados o tormentosos, donde la producción de energía puede caer significativamente comparada con días despejados.

Sin embargo, las nubes también pueden tener un efecto positivo sobre la generación de energía solar, conocido como el "efecto de borde de nube". Este fenómeno ocurre cuando los bordes de las nubes dispersan la luz del sol y aumentan temporalmente la irradiación debido a la refracción y reflexión de la luz solar alrededor de los bordes de las nubes. Este aumento puntual en la luminosidad puede llevar a un breve período durante el cual los paneles solares generan más electricidad de lo que normalmente harían bajo cielo claro.

Además, las nubes no solo afectan la cantidad de luz solar que llega a los paneles, sino también la calidad de esa luz. La radiación difusa, que es la luz solar dispersada por las nubes y otras partículas atmosféricas, puede ser aprovechada por paneles fotovoltaicos de

alta eficiencia diseñados para capturar luz desde ángulos más variados. Aunque la radiación directa es más eficaz para la generación de energía, los sistemas fotovoltaicos pueden continuar operando eficientemente bajo niveles más altos de radiación difusa.

La interacción entre las nubes y la radiación solar es, por lo tanto, un factor crítico en la planificación y operación de instalaciones solares fotovoltaicas. Los diseñadores de sistemas solares deben considerar patrones climáticos locales y datos históricos sobre la cobertura de nubes para optimizar la ubicación y la orientación de los paneles solares, maximizando así la captura de energía solar a lo largo del año.

Además, la predicción meteorológica avanzada puede ayudar a gestionar mejor la variabilidad en la producción de energía solar causada por el cambio en la cobertura nubosa.



4 ELEMENTOS CLAVE EN UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Cada elemento de un sistema fotovoltaico desempeña un papel crucial en la captura, conversión, almacenamiento y distribución de la energía solar. Desde los paneles solares que capturan la luz del sol hasta los inversores que transforman la corriente eléctrica, cada componente necesita ser cuidadosamente seleccionado y optimizado para garantizar la eficiencia y durabilidad del sistema.

En las siguientes secciones, se detallan los componentes esenciales de una instalación fotovoltaica, explicando su función y la importancia de cada uno en el conjunto del sistema.

4.1 Placa solar fotovoltaica

Una placa solar fotovoltaica es un dispositivo tecnológico diseñado para convertir la energía luminosa del sol en energía eléctrica mediante el uso de materiales semiconductores que exhiben el efecto fotovoltaico.

El principio de funcionamiento de una placa solar se basa en el efecto fotovoltaico, un proceso físico mediante el cual un material semiconductor es capaz de absorber fotones (partículas de luz) y liberar electrones, generando así un flujo de corriente eléctrica. Este proceso se lleva a cabo en las células fotovoltaicas, que son los componentes principales de los paneles solares (de Kuyper, 2018).

- **Material semiconductor:** Usualmente compuesto de silicio, que puede ser monocristalino o policristalino. El silicio es dopado con otros elementos para crear una unión p-n, esencial para el efecto fotovoltaico.
- **Contactos eléctricos:** Permiten la extracción de la corriente generada por el movimiento de los electrones liberados.
- **Vidrio protector:** Es una capa transparente que cubre las células solares. Su principal función es proteger las células.
- **Marco:** Generalmente fabricado de aluminio, encierra y sostiene los componentes del panel solar y proporciona la rigidez estructural.
- **Capa de encapsulamiento:** Se refiere a las capas de material transparente, como EVA (etileno-acetato de vinilo) o poliolefina termoplástica, que se

sitúan alrededor de las células solares y protegen las células solares de la **humedad y la suciedad**.

- **Caja de conexiones:** Ubicada en la parte posterior del panel solar y contiene los terminales eléctricos donde se conectan los cables que transportan la electricidad generada por el panel.
- **Backsheet:** Es la capa en la parte posterior del panel solar, que no sólo protege los componentes internos de daños mecánicos y ambientales, sino que también actúa como un aislante eléctrico.



Figura 30: Partes de un panel solar

Cuando la luz solar incide en las células fotovoltaicas, la energía de los fotones es absorbida por el material semiconductor, lo que provoca que los electrones se muevan desde el lado dopado con tipo p al tipo n, creando una diferencia de potencial eléctrico. Esta diferencia de potencial provoca que los electrones fluyan a través de un circuito externo conectado a los contactos eléctricos del panel, generando electricidad (Redondo Llano, 2016).

1. **Absorción de luz:** Los fotones solares penetran en la célula fotovoltaica y son absorbidos por el material semiconductor.
2. **Generación de portadores de carga:** La energía de los fotones excita los electrones, generando pares electrón-hueco.
3. **Separación de cargas:** El campo eléctrico en la unión p-n dirige los electrones hacia el lado n y los huecos hacia el lado p, evitando su recombinación.

4. **Flujo de corriente:** Los electrones fluyen a través del circuito externo hacia el lado p, realizando trabajo en el proceso, como encender una luz o cargar una batería, antes de volver al lado n.

Este proceso continuo de conversión de luz en electricidad ocurre mientras la placa solar esté expuesta a la radiación solar. La eficiencia de este proceso depende en gran medida de la calidad del material semiconductor, la configuración de la célula, y las condiciones ambientales bajo las cuales opera el panel solar.

Los paneles solares se clasifican principalmente en función del tipo de células solares que utilizan. Estas células determinan en gran medida la eficiencia, el coste y la aplicación adecuada de cada panel.

A continuación, se describen los tres tipos principales de paneles solares utilizados en instalaciones fotovoltaicas.

4.1.1 Paneles solares monocristalinos

Estos paneles están compuestos de células fabricadas a partir de un único cristal de silicio. Su proceso de fabricación implica cortar cuidadosamente láminas de un cilindro de silicio cristalizado. Las células tienen un color uniforme y una superficie lisa, lo que indica una alta pureza del silicio. Los paneles monocristalinos son conocidos por su alta eficiencia y excelente rendimiento en condiciones de baja luminosidad (Barbosa Urbano, 2013).



Figura 31: Panel solar monocristalino

Ventajas:

- Mayor eficiencia: Típicamente entre el 18% y el 22%.
- Menor degradación de energía a lo largo del tiempo.
- Requiere menos espacio para la instalación debido a su alta eficiencia.

Desventajas:

- Coste más alto en comparación con otros tipos de paneles.
- Más susceptibles a ser obstruidos parcialmente (por ejemplo, por hojas o suciedad), lo que puede afectar significativamente el rendimiento.

4.1.2 Paneles solares policristalinos (o Multicristalinos)

Estos paneles están hechos de células que consisten en múltiples cristales de silicio. Son fáciles de identificar por su aspecto azul moteado y la forma no uniforme de los cristales de silicio. Se producen mediante el vertido de silicio fundido en un molde, lo que los hace más baratos de fabricar que los monocristalinos (Ruíz, 2019).



Figura 32: Panel solar policristalino

Ventajas:

- Coste más bajo que los paneles monocristalinos.
- Proceso de producción más sencillo y menos desperdicio de material.

Desventajas:

- Eficiencia menor que los monocristalinos, generalmente entre el 15-18%.
- Mayor espacio requerido para la misma cantidad de energía generada, lo que los hace menos ideales para áreas limitadas.

4.1.3 Paneles solares de capa fina

Los paneles de capa fina se crean depositando varias capas delgadas de materiales fotovoltaicos sobre un sustrato. Existen diferentes tecnologías de capa fina, incluyendo el telurio de cadmio (CdTe), diseleniuro de cobre e indio (CIGS) y silicio amorfo (a-Si). Son completamente diferentes en apariencia a los paneles cristalinos y ofrecen una estética más uniforme (Cordero, 2021).



Figura 33: Panel solar de capa fina

Ventajas:

- Pueden fabricarse para ser flexibles, abriendo nuevas aplicaciones para la tecnología solar.
- Menor impacto por temperaturas altas comparado con los paneles de silicio cristalino.

Desventajas:

- Menor eficiencia energética, típicamente entre el 10% y el 13%.
- Mayor degradación a lo largo del tiempo que los paneles de silicio cristalino.

La elección entre estos tipos de paneles solares dependerá del presupuesto, el espacio disponible, las condiciones climáticas y los objetivos específicos de la instalación. Mientras que los paneles monocristalinos son ideales para áreas con espacio limitado y requerimientos de alta eficiencia, los paneles policristalinos pueden ser una opción más coste-efectiva en áreas con abundante espacio. Los paneles de capa fina se adaptan bien a superficies no estándar y condiciones de iluminación variables.

Cada tipo de panel tiene sus propias características y beneficios, haciendo que la selección adecuada sea crucial para optimizar el rendimiento y la rentabilidad de cualquier proyecto solar fotovoltaico.

4.1.4 Definición de eficiencia de paneles solares

La eficiencia de un panel solar fotovoltaico es un indicador clave que mide la capacidad del panel para convertir la luz solar en electricidad utilizable. Es uno de los factores más importantes a considerar al evaluar la viabilidad y el rendimiento de una instalación solar. Esta sección explora cómo se define la eficiencia en los paneles solares y los factores principales que pueden influir en su rendimiento.

La eficiencia de un panel solar se calcula como el porcentaje de energía solar que puede convertirse en energía eléctrica bajo condiciones estándar de prueba. Por ejemplo, un panel con una eficiencia del 20% convierte el 20% de la energía solar que recibe en electricidad (Ruíz, 2023).

4.1.5 Factores que afectan la eficiencia

Varios factores pueden influir en la eficiencia de los paneles solares, y comprender estos puede ayudar a optimizar el rendimiento del sistema fotovoltaico.

Temperatura: Las células solares tienden a ser menos eficientes a medida que aumenta la temperatura. La mayoría de los paneles solares están clasificados a 25°C, y cualquier aumento por encima de esta temperatura puede reducir la eficiencia operativa. Maximizar la ventilación alrededor de los paneles puede ayudar a reducir el impacto de la temperatura.

Radiación solar: La cantidad de radiación solar directa que reciben los paneles afecta significativamente su rendimiento. Menos luz solar directa significa menos energía producida. Instalar paneles en una orientación y ángulo que maximice la exposición a la luz solar directa es lo recomendable.

Sombreado: El sombreado de los paneles, incluso parcialmente, puede reducir drásticamente su eficiencia, ya que afecta el flujo de corriente a través de todo el panel. Evitar obstrucciones y considerar el uso de microinversores u optimizadores de potencia pueden mitigar los efectos del sombreado en el rendimiento.

Suciedad: La acumulación de suciedad, polvo, hojas, o nieve en la superficie del panel puede bloquear la luz solar y disminuir la eficiencia. Mantener los paneles limpios mediante limpiezas periódicas y considerar sistemas de montaje que faciliten el deslizamiento de la nieve y suciedad aumenta la eficiencia.

Calidad del material: La calidad del material de las células solares afecta directamente la eficiencia. Materiales de alta calidad como el silicio monocristalino ofrecen mejor rendimiento.

Edad del Panel: Con el tiempo, la eficiencia de los paneles solares puede disminuir debido a la degradación natural del material. Se debe considerar la tasa de degradación al calcular el retorno de la inversión y seleccionar paneles con bajas tasas de degradación garantizadas por el fabricante para una mayor eficiencia de la instalación. La mayoría de

los paneles solares tienen una vida útil garantizada de 25 a 30 años, aunque muchos pueden continuar funcionando a capacidades reducidas más allá de este periodo.

4.1.6 Mejoras y futuro sostenible

La fabricación de paneles solares implica materiales como el silicio, metales y otros compuestos químicos que deben ser extraídos y procesados. Esto plantea desafíos relacionados con la minería y la manufactura, incluyendo la gestión de residuos y el uso de productos químicos potencialmente dañinos.

La producción de paneles solares requiere cantidades significativas de energía, aunque el balance energético es generalmente positivo, es decir, los paneles generan más energía durante su vida útil de la que se consume en su fabricación.

Al final de su vida útil, los paneles solares presentan desafíos de disposición. Aunque son principalmente reciclables, la infraestructura para el reciclaje de paneles solares aún está en desarrollo y no siempre está disponible localmente.

La industria solar está trabajando para mejorar las tecnologías de reciclaje y hacer el proceso más eficiente y económico. Estas mejoras son clave para gestionar el creciente número de paneles que alcanzarán su fin de vida útil en las próximas décadas.

El campo de la energía solar fotovoltaica está en constante evolución, impulsado por avances tecnológicos y la necesidad de soluciones energéticas más eficientes. A continuación, se exploran algunas de las tendencias más prometedoras y las tecnologías emergentes que están configurando el futuro de la energía solar.

- **Tecnología PERC:** Las células solares PERC (Passivated Emitter and Rear Cell) mejoran la eficiencia al permitir que la luz que normalmente se perdería en las células solares convencionales se refleje de nuevo en la célula para una segunda oportunidad de generación de energía.

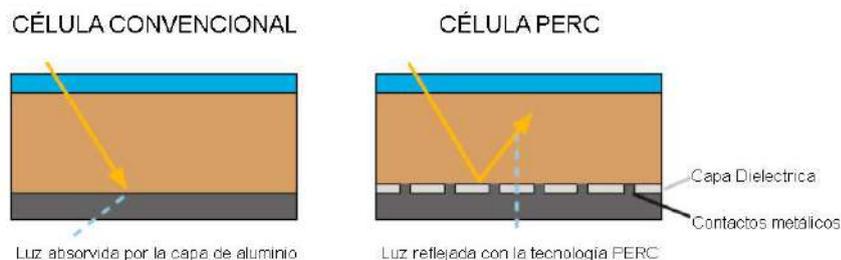


Figura 34: Comparativa célula PERC

- **Células tándem:** Combinando materiales semiconductores de diferentes bandas de energía, las células tándem capturan un rango más amplio del espectro solar para producir más energía desde la misma área de superficie que las células convencionales.

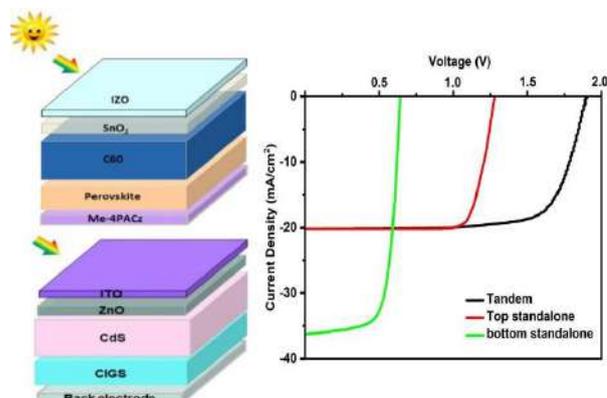


Figura 35: Células tándem

- **Células solares de perovskita:** Este nuevo tipo de células solares promete revolucionar la industria solar debido a su bajo coste de producción y altos niveles de eficiencia. Aunque todavía enfrentan desafíos de estabilidad y escalabilidad, los avances recientes son prometedores.

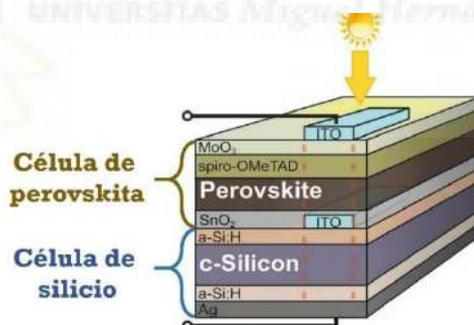


Figura 36: Células solares de perovskita

- **Tecnología de grafeno:** El grafeno está siendo investigado para su uso en células solares debido a su excepcional conductividad y transparencia. Podría usarse para crear paneles ultraligeros y flexibles.

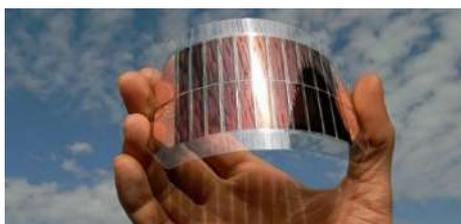


Figura 37: Células de grafeno

- **Paneles solares integrados en edificios (BIPV):** Estos paneles no solo generan energía, sino que también se integran estéticamente en los edificios, actuando como elementos estructurales o de fachada, lo que los hace ideales para aplicaciones urbanas donde el espacio puede ser limitado.



Figura 38: Paneles integrados en edificios

- **Plantas solares flotantes:** La instalación de paneles solares en cuerpos de agua es una tendencia emergente que no solo ayuda a conservar la tierra, sino que también mejora la eficiencia de los paneles debido al efecto de enfriamiento del agua, así como hace un uso eficiente del espacio.



Figura 39: Plantas solares flotantes

Las tecnologías emergentes y las innovaciones en el campo de la energía solar fotovoltaica están haciendo que esta fuente de energía sea cada vez más accesible, eficiente y adaptativa a diversas aplicaciones y entornos. A medida que el sector continúa evolucionando, es probable que veamos una adopción aún mayor de la energía solar, no solo como una alternativa sostenible, sino como una solución energética predominante en el futuro cercano.

4.2 Inversor

Un inversor en un sistema fotovoltaico es un componente necesario que se encarga de convertir la energía eléctrica en formas utilizables. En específico, transforma la corriente continua (DC) generada por los paneles solares en corriente alterna (AC), que es la forma de energía eléctrica que se utiliza en la mayoría de los hogares y negocios (Mateo, 2023).

La función primordial del inversor es, por tanto, servir como puente entre la producción de energía solar y el consumo de energía dentro de un sistema eléctrico, ya sea conectado a la red o aislado. Los pasos básicos en la operación de un inversor incluyen:

- **Conversión de Energía:** Como ya se ha mencionado, el inversor convierte la DC en AC. Este proceso involucra varias etapas internas dentro del inversor, donde la corriente es primero convertida a una forma de AC de alta frecuencia y luego transformada en una AC de 50 Hz o 60 Hz, dependiendo de los estándares de la red eléctrica del país.
- **Sincronización con la Red:** En los sistemas conectados a la red, el inversor debe sincronizar la frecuencia y fase de la corriente alterna que produce con la corriente de la red eléctrica a la que se conecta. Esto asegura que la energía producida por los paneles solares se pueda integrar sin problemas en la red y, si es necesario, vender el exceso de energía de vuelta a la red.
- **Maximización de la Energía:** Muchos inversores modernos están equipados con tecnologías de seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT, por sus siglas en inglés). Estos sistemas permiten al inversor ajustar constantemente la carga eléctrica para maximizar la cantidad de energía que se extrae de los paneles solares, adaptándose a variaciones como la intensidad de la luz solar y la temperatura.
- **Protección y Seguridad:** El inversor también desempeña un papel crucial en la protección del sistema fotovoltaico. Incorpora medidas de seguridad que protegen tanto al sistema como a la red contra problemas como sobretensiones, cortocircuitos, y fallos a tierra. Además, muchos sistemas de inversores detectan automáticamente cuando la red eléctrica se desconecta y cesan de enviar energía a la red, un requisito de seguridad conocido como anti-islanding.

La eficacia de un inversor determina en gran medida la eficiencia global de un sistema fotovoltaico. Un inversor de alta calidad no solo mejora la producción de energía, sino

que también asegura la fiabilidad y la longevidad del sistema solar. Además, los inversores inteligentes modernos pueden ofrecer capacidades avanzadas de gestión de energía y conectividad a internet, permitiendo a los usuarios y a los servicios técnicos monitorizar y gestionar el rendimiento del sistema solar en tiempo real.

4.2.1 Tipos de inversores

La selección del tipo de inversor depende de las características específicas de cada instalación solar, incluyendo la escala, la configuración de los paneles solares, y las necesidades específicas de conexión. Existen varios tipos de inversores, cada uno con características y aplicaciones particulares.

Inversores de cadena (String Inverters): Los inversores de cadena son los más comunes en instalaciones residenciales y comerciales pequeñas. Este tipo de inversor conecta en serie un grupo de paneles solares (cadena), y convierte la corriente continua generada por estos en corriente alterna.

Son económicos y eficientes para sistemas donde los paneles están instalados en la misma orientación sin sombreado significativo. Por el contrario, la eficiencia del sistema puede disminuir si parte de la cadena está sombreada, ya que el rendimiento de toda la cadena se reduce al nivel del panel menos eficiente.



Figura 40: Inversores de cadena

Microinversores: Los microinversores son pequeños inversores instalados en cada panel solar. Convierten la DC a AC directamente en cada panel.

Maximizan la eficiencia de cada panel individualmente, lo que es particularmente útil en techos con múltiples orientaciones o problemas de sombreado. Facilitan la expansión del sistema solar al agregar más paneles sin necesidad de reconfigurar el sistema de inversores existente. La desventaja que se puede encontrar es que son más caros que los inversores de cadena y pueden ser más complicados de mantener debido a que cada panel tiene su propio inversor.



Figura 41: Microinversor

Inversores híbridos: Los inversores híbridos combinan las funciones de conversión de energía solar y gestión de baterías en un solo dispositivo.

Permiten la integración de almacenamiento de energía (baterías) con el sistema fotovoltaico, lo que es ideal para sistemas de autoconsumo con almacenamiento para uso nocturno o durante interrupciones del suministro eléctrico. Al igual que los microinversores, pueden ser más caros y complejos de configurar que los sistemas que utilizan inversores y controladores de carga separados.



Figura 42: Inversores híbridos

Inversores centrales: Utilizados principalmente en proyectos fotovoltaicos comerciales y a gran escala, manejan muy altas tensiones y grandes cantidades de energía.

Eficiencia en costes para grandes instalaciones debido a la menor cantidad de componentes electrónicos necesarios en comparación con la instalación de múltiples microinversores o inversores de cadena. Este tipo de inversores requiere una planificación detallada y un diseño del sistema solar que minimice el sombreado, ya que una gran área de paneles depende de un solo dispositivo.



Figura 43: Inversor central

Inversores de batería (Off-grid Inverters): Diseñados para sistemas aislados de la red eléctrica, estos inversores gestionan la energía almacenada en baterías, proporcionando corriente alterna a las cargas y manejando el flujo de energía entre los paneles, las baterías y las cargas.

Permiten una independencia total de la red eléctrica, garantizando el suministro de energía en áreas remotas o en situaciones donde la conexión a la red no es posible o económica.



Figura 44: Inversor de batería

4.2.2 Características técnicas

En el contexto de los sistemas fotovoltaicos, las características técnicas de los inversores determinan su compatibilidad, rendimiento y eficiencia en diversas instalaciones. A continuación, se detallan algunas de las principales características técnicas que se deben considerar al seleccionar un inversor para un sistema de energía solar.

Eficiencia del inversor: describe su capacidad para convertir la energía de corriente continua (DC) que recibe de los paneles solares en corriente alterna (AC) utilizable con la menor cantidad de pérdidas energéticas posible (Torrubia Becerral, 2020).

Un inversor de alta eficiencia puede significar una diferencia considerable en la cantidad de energía que finalmente se utiliza en un hogar o negocio. La eficiencia típica de los inversores varía entre el 95% y el 99%.

Rango de tensión de entrada: Este rango define los límites de tensión de DC que el inversor puede manejar, debe coincidir con la tensión generada por los paneles solares.

Elegir un inversor cuyo rango de tensión de entrada se alinee correctamente con las características eléctricas de los paneles asegura un rendimiento óptimo y evita daños al inversor.

Capacidad de potencia: Es la cantidad máxima de energía que el inversor puede manejar de forma segura y eficaz, usualmente expresada en kilovatios (kW).

Debe seleccionarse un inversor cuya capacidad de potencia no solo coincida con la producción de los paneles solares, sino que también ofrezca cierto margen para futuras expansiones o para días particularmente soleados.

Protecciones integradas: Los inversores modernos incluyen varias protecciones integradas para garantizar la seguridad y la durabilidad tanto del inversor como del sistema completo. Estas incluyen protección contra sobrecargas, cortocircuitos, sobretensión y protección anti-isla.

Específicamente, la protección anti-islanding evita que el inversor continúe alimentando la red durante un apagón, lo cual es crucial para la seguridad de los trabajadores que podrían estar reparando la red.

Compatibilidad con red y condiciones ambientales: Los inversores deben cumplir con los estándares locales de interconexión a la red, lo que garantiza que la energía inyectada sea de la calidad y características adecuadas.

Dado que los inversores a menudo se colocan en exteriores, deben ser capaces de operar eficazmente dentro de un rango de temperatura amplio y estar protegidos contra las inclemencias del tiempo y el polvo.

Características de monitoreo y comunicación: Muchos inversores incluyen capacidades avanzadas de monitoreo y diagnóstico que permiten a los propietarios y técnicos observar el rendimiento del sistema en tiempo real y facilitan la identificación rápida de problemas.

La integración con sistemas de gestión de energía doméstica o de edificios, a menudo a través de Wi-Fi o Bluetooth, permite una gestión más inteligente y adaptativa del consumo y producción de energía.

4.2.3 Consideraciones de instalación y mantenimiento

La correcta instalación y el mantenimiento adecuado de los inversores son necesarios para asegurar un rendimiento óptimo y la longevidad de un sistema fotovoltaico. Este punto aborda las consideraciones esenciales que deben tenerse en cuenta durante la instalación y el mantenimiento de los inversores.

Consideraciones de instalación: La elección de la ubicación para instalar el inversor es fundamental. Debe ser un lugar que esté protegido de la intemperie directa, aunque algunos inversores están diseñados para ser resistentes al agua y a las condiciones exteriores. Además, debe estar en un área con buena ventilación para evitar el sobrecalentamiento y accesible para facilitar el mantenimiento y la inspección periódica (Carbonell, 2023).

Se debe asegurar que todas las conexiones eléctricas sean seguras y cumplan con las normativas eléctricas locales. Las conexiones deben ser realizadas por profesionales certificados para evitar riesgos eléctricos.

Idealmente, el inversor debe estar lo más cerca posible de los paneles solares para minimizar las pérdidas de energía en el cableado. Sin embargo, debe equilibrarse con la necesidad de mantenerlo en un lugar fresco y sombreado.

Consideraciones de mantenimiento: Los inversores deben ser inspeccionados regularmente para asegurar que no hay componentes dañados o conexiones sueltas, generalmente se recomienda al menos una revisión anual.

La acumulación de polvo y suciedad puede impedir la correcta ventilación del inversor y debe ser limpiada regularmente para mantener la eficiencia operativa.

Los inversores modernos a menudo incluyen software que puede requerir actualizaciones para mejorar la funcionalidad o corregir errores. Mantener el software del inversor actualizado es altamente recomendable para su operación eficiente.

Parte del mantenimiento regular debe incluir la verificación de la eficiencia del inversor para asegurar que sigue operando dentro de los parámetros esperados. Cualquier caída en la eficiencia puede indicar problemas que necesitan atención.

Respuesta a fallos: Los inversores a menudo tienen sistemas de diagnóstico incorporados que proporcionan códigos de error o alertas para facilitar la detección de problemas. Comprender estos códigos y saber cómo responder a ellos es una ventaja para el mantenimiento efectivo.

Algunos componentes del inversor, como ventiladores o condensadores, pueden necesitar ser reemplazados durante la vida útil del dispositivo. Planificar y ejecutar estos reemplazos oportunamente asegura que el inversor continúe funcionando eficientemente.

Además, una buena práctica de mantenimiento puede prevenir fallos costosos y prolongar significativamente la durabilidad del sistema.

4.2.4 Avances tecnológicos y futuras innovaciones

Este apartado explora algunos de los avances más recientes y las futuras innovaciones que se espera que transformen el campo de los inversores fotovoltaicos.

Tecnología de inversores de alta frecuencia: Los inversores de alta frecuencia son una de las últimas innovaciones en el campo de los inversores fotovoltaicos. Estos dispositivos utilizan tecnología de conmutación de alta frecuencia para mejorar la eficiencia y reducir el tamaño y el peso del inversor. Además, ofrecen una mayor flexibilidad en cuanto a la adaptación a diferentes condiciones de carga y variaciones en la radiación solar.

Inversores híbridos y de almacenamiento integrado: Los inversores híbridos y los inversores con almacenamiento integrado están ganando popularidad debido a su capacidad para gestionar tanto la energía fotovoltaica como la energía de la red eléctrica o sistemas de almacenamiento de baterías. Estos dispositivos ofrecen una mayor autonomía y flexibilidad en la gestión de la energía, lo que los hace ideales para aplicaciones residenciales, comerciales e industriales.

Inversores de baja tensión: Los inversores de baja tensión están siendo desarrollados para sistemas fotovoltaicos de pequeña escala, como instalaciones residenciales y comerciales. Estos inversores funcionan a tensiones más bajas que los inversores tradicionales, lo que los hace más seguros y fáciles de instalar. Además, pueden integrarse fácilmente con sistemas de almacenamiento de energía y otros dispositivos inteligentes para una mejor gestión energética.

Tecnología de seguimiento de máxima potencia (MPPT) avanzada: La tecnología MPPT es un componente clave de los inversores fotovoltaicos, ya que optimiza continuamente la producción de energía al rastrear el punto de máxima potencia del panel solar. Los avances en esta tecnología están mejorando la eficiencia y la precisión del seguimiento MPPT, lo que resulta en una mayor producción de energía y un rendimiento más consistente del sistema fotovoltaico.

Integración de la inteligencia artificial y el internet de las cosas (IoT): La integración de la inteligencia artificial (IA) y el Internet de las Cosas (IoT) en los inversores fotovoltaicos está permitiendo una gestión más inteligente y eficiente de la energía. Estos

sistemas pueden analizar grandes cantidades de datos en tiempo real para optimizar el rendimiento del sistema, predecir fallos y realizar ajustes automáticos para maximizar la producción de energía.

4.2.5 Impacto ambiental y reciclaje

Los inversores, como con cualquier tecnología, también generan impactos ambientales, especialmente al final de su vida útil. Este apartado explora el impacto ambiental de los inversores fotovoltaicos y las estrategias para su reciclaje.

Impacto ambiental: La fabricación de inversores involucra el uso de metales y otros materiales que pueden tener un impacto ambiental significativo. La extracción de estos materiales puede resultar en la degradación del hábitat, la contaminación del agua y del aire, y otros efectos negativos en el medio ambiente.

Aunque los inversores son esenciales para convertir y gestionar la energía solar, su operación consume una pequeña cantidad de electricidad, lo cual es un factor a considerar en el balance energético del sistema fotovoltaico.

A diferencia de los combustibles fósiles, los inversores fotovoltaicos no emiten contaminantes directos durante su operación. Sin embargo, se debe considerar el impacto ambiental indirecto asociado con la producción y distribución de los componentes del inversor.

Reciclaje y disposición: Los inversores fotovoltaicos tienen una vida útil limitada, generalmente entre 10 y 20 años. Después de su vida útil, es crucial gestionar adecuadamente su disposición para minimizar el impacto ambiental.

Los inversores contienen materiales valiosos que pueden ser recuperados y reciclados, como cobre, aluminio y silicio. El reciclaje de estos materiales puede reducir la demanda de recursos vírgenes y disminuir el impacto ambiental asociado con la minería y la fabricación de nuevos inversores.

Es esencial abordar el ciclo de vida completo para maximizar los beneficios ambientales, el desarrollo de tecnologías de inversores más sostenibles y eficientes, junto con estrategias robustas de reciclaje y disposición, es clave para reducir el impacto ambiental y avanzar hacia un futuro energético más sostenible.

4.3 Estructura soporte

Una estructura soporte para paneles solares es un sistema diseñado para anclar de manera segura los módulos fotovoltaicos al suelo, a un techo, o a otras superficies como cuerpos de agua en el caso de sistemas flotantes. Estas estructuras deben ser robustas y resistentes para soportar condiciones ambientales adversas, como fuertes vientos, cargas de nieve, y la exposición prolongada a los rayos UV (Hilcu, 2021).

Estas estructuras son las encargadas de mantener los paneles solares en su lugar, asegurando que permanezcan estáticos y alineados correctamente a lo largo de su vida útil. Esto es crucial no solo para la eficiencia del panel, sino también para su seguridad estructural.

Permiten la instalación de paneles solares en la inclinación y orientación ideal para captar la máxima cantidad de energía solar. La orientación hacia el sur (en el hemisferio norte) y la inclinación específica basada en la latitud del lugar son críticas para optimizar la producción de energía.

4.3.1 Materiales

Generalmente, las estructuras de soporte están fabricadas de materiales como el aluminio, acero galvanizado o acero inoxidable. Cada material ofrece distintas ventajas:

Aluminio: El aluminio es ligero, resistente a la corrosión y fácil de manejar. Su ligereza es especialmente beneficiosa para instalaciones en techos, donde el peso adicional puede ser una preocupación. Además, el aluminio no se degrada con la exposición a los rayos UV y resiste bien en ambientes marinos debido a su excelente resistencia a la salinidad.

Acero galvanizado: El acero galvanizado se recubre con una capa protectora de zinc que le proporciona una excelente resistencia a la corrosión, lo que lo hace adecuado para uso exterior. Es más pesado que el aluminio, lo que puede ser una ventaja en términos de estabilidad y resistencia estructural. Es también una opción económica para grandes proyectos solares debido a su menor coste en comparación con el aluminio.

Acero inoxidable: El acero inoxidable ofrece la máxima resistencia a la corrosión entre los materiales comúnmente utilizados para estructuras de soporte. Aunque es más costoso, su durabilidad y mínimo mantenimiento lo convierten en una inversión a largo plazo rentable para entornos exigentes.

Ideal para instalaciones cerca de zonas costeras o en ambientes altamente corrosivos. A menudo se utiliza en componentes específicos de la estructura que requieren una resistencia adicional a la corrosión.

4.3.2 Tipos de estructuras soporte

Existen diferentes tipos de estructuras diseñadas para adaptarse a diversas condiciones y necesidades de instalación. A continuación, se describen los principales tipos de estructuras utilizadas en instalaciones fotovoltaicas.

Estructuras fijas: Las estructuras fijas son las más comunes y económicas. Mantienen los paneles en una posición fija y no se ajustan para seguir la trayectoria del sol. La inclinación y orientación de los paneles se establecen durante la instalación basándose en la latitud y las condiciones climáticas del sitio para maximizar la exposición solar.

Son ideales para instalaciones en techos y en suelo donde no se requiere ajuste durante el día o el año. Su simplicidad las hace particularmente adecuadas para proyectos residenciales y comerciales pequeños a medianos.



Figura 45: Estructura fija

Sistemas de seguimiento solar (Trackers): Los sistemas de seguimiento ajustan la posición de los paneles solares a lo largo del día y, en algunos casos, a lo largo del año, para maximizar la captación de la radiación solar. Existen dos tipos principales: los seguidores de eje único, que siguen al sol de este a oeste, y los seguidores de eje dual, que también ajustan la inclinación de los paneles.

Son más comunes en instalaciones de gran escala, como plantas solares comerciales y parques solares, donde el aumento de la producción de energía justifica la inversión adicional en tecnología de seguimiento.

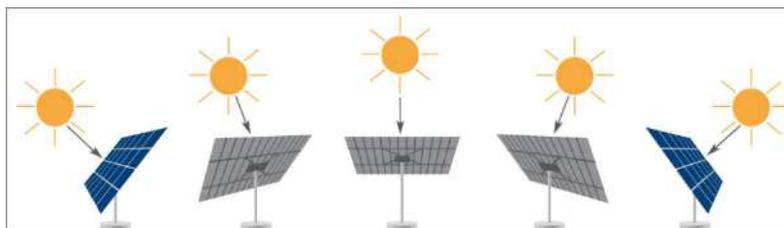


Figura 46: Sistema de seguimiento solar

Estructuras montadas en techo: Están diseñadas específicamente para instalaciones en techos inclinados o planos y están diseñadas para minimizar la penetración en el techo o para ser autoportantes sin necesidad de perforaciones.

Son ampliamente utilizadas en edificios residenciales, comerciales e industriales donde el espacio en el suelo es limitado o inexistente.



Figura 47: Estructura montada en techo

Estructuras montadas en suelo: Las estructuras montadas en suelo se instalan directamente en el terreno utilizando cimientos de concreto o sistemas de montaje en tierra con anclajes. Ofrecen robustez y la capacidad de manejar grandes arreglos de paneles solares.

Sistemas de montaje flotante: Los sistemas de montaje flotante permiten la instalación de paneles solares en cuerpos de agua, como lagunas, reservorios y lagos. Utilizan flotadores que sostienen los paneles y están anclados para mantener su posición.

Son utilizados principalmente para aprovechar espacios acuáticos y reducir la evapotranspiración del agua, además de generar energía. Son comunes en países con espacio limitado para instalaciones terrestres.



Figura 48: Sistemas de montaje flotante

La elección del tipo de estructura de soporte depende de varios factores, incluyendo la ubicación, el tipo de terreno o superficie disponible, el presupuesto y los objetivos específicos del proyecto.

4.3.3 Impacto ambiental y reciclaje

Las estructuras para paneles solares, a pesar de ser esenciales para la instalación de sistemas fotovoltaicos, también poseen un impacto ambiental que debe ser considerado.

La fabricación de estas estructuras involucra principalmente el uso de metales como el aluminio y el acero, cuya producción puede ser intensiva en energía y recursos. La extracción de bauxita para el aluminio y la producción de acero a partir de mineral de hierro tienen significativas huellas de carbono asociadas.

Además de los metales, otros materiales como plásticos y composites pueden ser utilizados en componentes menores de las estructuras. La extracción y procesamiento de estos materiales también contribuye al consumo de recursos naturales.

Tanto el aluminio como el acero son altamente reciclables. Al final de su vida útil, las estructuras soporte pueden ser desmontadas y los materiales reciclados para su uso en nuevos productos, minimizando el desperdicio en vertederos.

4.3.4 Innovaciones y avances tecnológicos

El campo de las estructuras para paneles solares está en constante evolución, impulsado por la necesidad de maximizar la eficiencia, reducir costes y mejorar la sostenibilidad.

Los avances tecnológicos en esta área no solo mejoran la funcionalidad de las instalaciones fotovoltaicas, sino que también abren nuevas posibilidades para aplicaciones innovadoras.

A continuación, se exploran algunas de las innovaciones y avances tecnológicos más significativos en estructuras soporte para paneles solares.

Recubrimientos y tratamientos superficiales: nano-recubrimientos anti-corrosivos o pinturas solares reflectantes, pueden aumentar la longevidad y el rendimiento de las estructuras al minimizar los efectos de la corrosión y la acumulación de calor.

Paneles solares flexibles: constituyen un avance importante en el diseño y la implementación de tecnologías solares. Estos paneles, hechos de materiales como películas delgadas de polímero, son livianos y se pueden instalar en diversas superficies, incluyendo techos curvos, fachadas de edificios y vehículos.

La flexibilidad de estos paneles no solo hace que su instalación sea más sencilla en lugares donde los paneles tradicionales serían poco prácticos, sino que también crea nuevas

posibilidades para la generación de energía en entornos urbanos y móviles. Además, los paneles solares flexibles son más duraderos frente a impactos y daños físicos, lo que los hace perfectos para usar en condiciones adversas.

Diseños optimizados mediante software: El uso de software de simulación avanzado permite optimizar el diseño de las estructuras para una máxima captación de luz solar y resistencia a cargas ambientales, como el viento y la nieve. Estos programas pueden simular escenarios a lo largo de todo el año para determinar el diseño óptimo que maximiza la producción de energía.

La integración de Modelado de Información de Construcción (BIM) en el proceso de diseño y construcción ayuda en la planificación precisa, la gestión de instalaciones y el mantenimiento de estructuras de soporte, permitiendo una visualización completa del proyecto en todas sus fases.

Sistemas de montaje innovadores: Las innovaciones en mecanismos ajustables permiten modificar la inclinación de los paneles solares de manera estacional o incluso diaria para optimizar la captación solar sin la necesidad de costosos sistemas de seguimiento.

Nuevos sistemas de anclaje no invasivos que no requieren perforación ni alteraciones significativas de las superficies, como ventosas industriales o adhesivos especiales, facilitan la instalación en edificios históricos o techos que no pueden ser perforados.

4.4 Contador bidireccional

Los contadores bidireccionales son dispositivos esenciales en el contexto de los sistemas de energía solar fotovoltaica, especialmente en configuraciones de autoconsumo con posibilidad de inyectar excedentes de electricidad a la red. Estos contadores tienen la capacidad de medir y registrar tanto la energía que se consume desde la red eléctrica como la energía que se genera y envía de vuelta a la red (Haro, 2021).

Como su nombre indica, los contadores bidireccionales pueden medir el flujo de electricidad en dos direcciones: la energía consumida de la red y la energía generada que se exporta a la red. Esto es necesario para sistemas de generación de energía en sitios residenciales o comerciales donde los excedentes de energía solar pueden ser vendidos a la compañía eléctrica.

Estos contadores registran con precisión la cantidad de electricidad que se consume y produce, lo que es fundamental para la facturación y para el cálculo de los créditos o compensaciones por la energía exportada a la red.

Al conocer la cantidad exacta de energía generada y consumida, los usuarios pueden tomar decisiones informadas sobre su consumo de energía, optimizando así el uso de la energía solar y reduciendo la dependencia de la red.

Permiten a los propietarios de sistemas fotovoltaicos maximizar sus ahorros, ya que pueden reducir significativamente su factura eléctrica al consumir su propia energía y vender el exceso.

Estos dispositivos son fundamentales para el impulso de las energías renovables, ya que facilitan la integración de pequeñas instalaciones de energía solar en la red eléctrica general. Aseguran que los usuarios reciban una compensación justa por la energía que aportan a la red, promoviendo así la equidad y la transparencia en el uso de la energía.

Es necesario que sean compatibles con la red eléctrica local y con las especificaciones del proveedor de energía para evitar problemas técnicos o legales.



Figura 49: Esquema funcionamiento contador bidireccional

4.5 Protecciones

Las protecciones son componentes fundamentales en cualquier sistema eléctrico, incluidos los sistemas de energía solar, ya que garantizan la seguridad de las instalaciones, los equipos y las personas.

Protección contra sobrecorriente: Las protecciones contra sobrecorriente, como los fusibles o los interruptores automáticos, se utilizan para interrumpir la corriente eléctrica cuando supera ciertos límites seguros. Esto protege los conductores y los equipos de daños causados por corrientes excesivas.

Protección contra sobretensión: Los dispositivos de protección contra sobretensión, como los pararrayos y los supresores de picos, protegen contra daños causados por picos de voltaje en el sistema, especialmente durante tormentas eléctricas u otras condiciones climáticas adversas.

Protección contra cortocircuitos: Los cortocircuitos pueden provocar daños graves en los equipos y representar un peligro para la seguridad. Los dispositivos de protección contra cortocircuitos, como los interruptores de circuito, se activan automáticamente para interrumpir la corriente en caso de cortocircuito.

Protección contra Sobrecargas: Las sobrecargas pueden ocurrir cuando se conectan demasiados dispositivos o se excede la capacidad nominal del sistema. Los dispositivos de protección contra sobrecargas, como los relés térmicos, se activan para desconectar el circuito cuando se detecta una corriente excesiva durante un período de tiempo prolongado.



5 SUBVENCIONES POR PARTE DE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA EN EL SECTOR RESIDENCIAL

5.1. Ayudas estatales Next Generation al autoconsumo

El presupuesto asignado a las ayudas directas destinadas a comunidades autónomas y ciudades como Ceuta y Melilla para programas de incentivos vinculados al autoconsumo y almacenamiento en el sector residencial asciende a 1.480 millones de euros, según datos proporcionados por el Sistema Nacional de Publicidad de Subvenciones y Ayudas Públicas (BDNS).

Estos programas están integrados en el Componente 7 (C7.I1) y Componente 8 (C8.I1) del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, dirigidos al desarrollo de energías renovables innovadoras y al despliegue del almacenamiento energético, respectivamente. El Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) se encarga de coordinar y supervisar estos programas de incentivos, ofreciendo información detallada y los pasos necesarios para solicitar las subvenciones a través de su página web.

Las subvenciones tienen como objetivo facilitar la implementación de energías renovables y el desarrollo de sistemas de almacenamiento, así como promover la industria y el sector empresarial. Se dividen en seis programas de incentivos que abarcan diferentes áreas y destinatarios, desde instalaciones de autoconsumo en el sector servicios hasta proyectos de energía renovable térmica en el sector residencial. De cara a los intereses del trabajo se mencionan los beneficios a los que se puede optar en el sector residencial.

- **Programa 4:** realización de instalaciones de autoconsumo, con fuentes de energía renovable, en el sector residencial, las administraciones públicas y el tercer sector, con o sin almacenamiento.
- **Programa 5:** incorporación de almacenamiento en instalaciones de autoconsumo, con fuentes de energía renovable, ya existentes en el sector residencial, las administraciones públicas y el tercer sector.

Los beneficiarios de estas ayudas pueden ser ciudadanos, empresas, comunidades de propietarios, entidades locales y energéticas, entre otros, dependiendo del programa específico al que se acceda. La cuantía de las subvenciones varía según el tipo de instalación y el programa correspondiente, siendo calculadas como porcentaje sobre los costos subvencionables o como importes fijos unitarios.

En el **programa 4** el importe de las ayudas varía según estén destinadas al sector residencial:

- 300 – 600 €/kWp: a la instalación fotovoltaica con autoconsumo.
- 140 – 490 €/kWh: a la incorporación de almacenamiento con autoconsumo.

El **programa 5** ofrece ayudas entre los 140 y los 490 €/kWh a la Incorporación de almacenamiento con autoconsumo en instalaciones existentes.

Lo malo es que el proceso de solicitud debía de realizarse en las oficinas designadas por las comunidades autónomas y las ciudades de Ceuta y Melilla hasta el 31 de diciembre de 2023, con lo cual ya no estaría vigente. Todo ello con el fin de promover la transición hacia un modelo energético más sostenible y eficiente.

5.2 Bonificaciones municipios en Alicante

Lo que sí se puede encontrar actualmente son bonificaciones como en el IBI, en el caso de la provincia de Alicante, se menciona dicha provincia porque es donde se encuentra la universidad donde se va a publicar el trabajo.

Las bonificaciones para la instalación de paneles solares en Alicante varían según el municipio en el que se realice la instalación. Por lo general, estas ayudas implican una reducción en el pago del Impuesto sobre Bienes Inmuebles (IBI) o del Impuesto sobre Construcciones, Instalaciones y Obras (ICIO). A continuación, se proporcionan los detalles sobre las bonificaciones disponibles para la instalación de paneles solares en todos los municipios de Alicante (Haro, 2020).

Tabla 3: Bonificación IBI e ICIO municipios de Alicante

Municipios	IBI	IBI Años	ICIO
Alcoy	Bonificación del 50 %	4 años	Bonificación del 95 %
Alfàs del Pi, l'	Bonificación del 25 %	5 años	X
Alacant (Alicante)	Bonificación del 50 %	3 años	Bonificación del 50 %
Aspe	Bonificación del 50 %	5 años	Bonificación del 30 %
Benissa	Bonificación del 50 % Bonificación del 25%	Del 1º al 3º año Al 4º y 5º año	X

Castalla	X	X	Bonificación del 95%
Cocentaina	Bonificación del 50 %	5 años	Bonificación del 95%
Denia	Bonificación del 50 % Bonificación del 25%	Del 1º al 3º año Al 4º y 5º año	Bonificación del 95%
Elda	Bonificación del 10% o 50%	4 años, en función de valor catastral	Bonificación del 50%
Elx (Elche)	Bonificación del 50 %	5 años	Bonificación del 50%
Xàbia (Jávea)	Bonificación del 25%	5 años	Bonificación del 95%
Mutxamel	Bonificación del 50 %	3 años	X
Novelda	Bonificación del 40 %	5 años	Bonificación del 95%
Orihuela	Bonificación del 50 %	5 años	X
Pego	Bonificación del 50 %	3 años	X
Petrer	Bonificación del 30 %	3 años	Bonificación del 95%
Santa Pola	Bonificación del 50 %	5 años	Bonificación del 95%
Sant Vicent de Raspeig	Bonificación del 40 %	4 años	Bonificación del 95%
Teulada	Bonificación del 50 %	3 años	Bonificación del 30%
Torreveija	Bonificación del 50%	3 años	X
Vila Joiosa, La (Villajoyosa)	Bonificación del 25 %	5 años	X
Villena	X	X	Bonificación del 90%

En la provincia de Alicante, se aplican las deducciones establecidas en la Comunidad de Valencia para la reducción del Impuesto sobre la Renta de las Personas Físicas (IRPF) relacionadas con la instalación de paneles solares. Estas deducciones se aplican en la

declaración de la renta y pueden oscilar entre el 20 % y el 40 %, dependiendo del tipo de edificio en el que se realice la instalación:

- Para segundas residencias con paneles solares y sin actividad empresarial, la deducción en el IRPF es del 20 %.
- En el caso de viviendas habituales o primeras residencias con paneles solares, la deducción en el IRPF alcanza el 40 %.

Es importante tener en cuenta que antes de solicitar la deducción en el IRPF por la instalación de paneles solares en Alicante, es necesario obtener un permiso del Instituto Valenciano de Competitividad Empresarial (IVACE). Este documento certifica que la instalación de paneles solares en cualquier municipio de Alicante cumple con los requisitos para beneficiarse de la deducción autonómica en el IRPF.

5.3 Bonificaciones municipios en Murcia

Como el caso de la instalación estudiada tiene lugar en la región de Murcia, en concreto en Cieza, ahora se procede a analizar las ayudas para esta comunidad autónoma.

En la Declaración de la Renta, será posible deducir el 20% del total de las cantidades invertidas en la instalación de paneles solares en nuestra residencia principal. Además, esta deducción también se aplicará a instalaciones colectivas que tengan alguna de las siguientes finalidades y que no estén relacionadas con actividades económicas:

- Instalaciones de autoconsumo eléctrico, de acuerdo con lo establecido en el artículo 9.1.a de la Ley 24/2013, del Sector Eléctrico, y su normativa correspondiente (modalidad de suministro de energía eléctrica con autoconsumo).
- Instalaciones para la producción de energía térmica mediante energía solar, biomasa o energía geotérmica, destinadas a la generación de agua caliente sanitaria, calefacción y/o climatización.
- Instalaciones para la producción de energía eléctrica a partir de energía solar fotovoltaica y/o eólica, destinadas a la electrificación de viviendas ubicadas fuera de la red eléctrica de distribución y cuya conexión a la misma resulte inviable desde el punto de vista técnico, medioambiental y/o económico.

Es fundamental que la instalación esté situada en nuestra vivienda habitual para poder optar a esta deducción en el IRPF.

El Impuesto de Bienes Inmuebles (IBI) es una tasa de carácter municipal establecida por cada ayuntamiento que afecta a todos los propietarios de bienes inmuebles.

Tabla 4: Bonificación IBI municipios Región de Murcia

Cartagena	Hasta un 50% durante 3 años
Molina de Segura	40% durante 3 años
Yecla	50% durante 5 años
Mazarrón	25% durante 5 años
Cieza	20-40% durante 5 años
Alcantarilla	10% durante 5 años

El Impuesto sobre Construcciones, Instalaciones y Obras (ICIO) es un tributo indirecto que se abona para cualquier construcción, instalación u obra en la que se haya exigido una licencia de obras o urbanística, independientemente de que se haya obtenido o no.

Existe un mayor número de municipios que pueden acceder a la bonificación del ICIO en comparación con la bonificación del IBI.

Tabla 5: Bonificación ICIO Región de Murcia

Cartagena: 50%
Molina de Segura: 50%
Mazarrón: 50%
Cieza: 50%
Alcantarilla: 10%
Águilas: 90%
Jumilla: 25%
Lorca: 95%
Murcia: 50%
Torre-Pacheco: 95%

6 SIMULACIÓN DE PROYECTO DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

PROYECTO INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA AUTOCONSUMO COLECTIVO EN EDIFICIO COMUNITARIO



Universidad Miguel Hernández, Avenida de la
Universidad, s/n. 03202 Elche, Alicante
Tel. 96 665 8500
Email:
placido.sanchez02@goumh.umh.es



Edificio Doña Adela.
Camino de Murcia, nº21
30530 – Cieza (Murcia)

Expediente: **P28093**

Autor: Plácido Sánchez
Ballesteros

Promotor:

Fecha Realización:
Marzo de 2024

Ingeniero Industrial
Colegiado nº 7.051

EDIFICIO DOÑA ADELA

6.1 Memoria.

6.1.1 Antecedentes y objeto del proyecto

La instalación de sistemas fotovoltaicos de autoconsumo en edificios comunitarios busca expandir los ámbitos en los que se utiliza la energía solar fotovoltaica. Entre sus objetivos generales se incluye avanzar hacia un nuevo modelo energético local y territorial, con el fin de lograr un ahorro económico y contribuir a la reducción de emisiones contaminantes.

En este proyecto, se definen las características de la instalación de la manera más económica posible y de acuerdo con las características específicas del edificio, con el propósito de fomentar el uso de los recursos energéticos renovables disponibles, alcanzando los siguientes objetivos:

- Disminuir el consumo energético y mejorar la eficiencia en la generación y uso de energía.
- Ofrecer servicios energéticos de alta calidad a los vecinos del edificio.
- Aumentar la proporción de energía proveniente de fuentes limpias y renovables.
- Fomentar y desarrollar proyectos demostrativos de eficiencia energética y energías renovables.
- Implementar criterios ambientales y de eficiencia en el desarrollo urbanístico.
- Promover hábitos de ahorro energético y buenas prácticas de consumo y uso.

El presente proyecto tiene por objeto la definición de una instalación solar fotovoltaica de 200,00 kW de potencia nominal en la cubierta del edificio de viviendas Doña Adela.

El propósito es especificar, calcular, desarrollar, valorar y legalizar la instalación fotovoltaica de autoconsumo colectivo con excedentes, sirviendo como guía para la empresa instaladora durante la ejecución y garantizando el cumplimiento del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (R.D. 482/2002) y el Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, que regula las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica. Este proyecto debe presentarse, junto con la documentación necesaria, ante el Servicio Territorial de Industria de la Región de Murcia para la consecución de la documentación requerida para el registro de la instalación.

6.1.2 Nombre, domicilio social

Tabla 6: Datos del titular

Titular:	<i>Edificio Doña Adela</i>
Domicilio Social:	<i>Camino de Murcia, 21.</i>
C.I.F.:	<i>P-4455667-D.</i>
Población:	<i>30530 – Cieza (Murcia)</i>

6.1.3 Reglamentación y normas técnicas consideradas

En la elaboración de este proyecto, se ha considerado y cumplido con la normativa vigente aplicable a este tipo de instalaciones, la cual se detalla a continuación:

- Real Decreto 482/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para Baja Tensión. (BOE nº 224, 18/09/2002).
- 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 nº 310, 27/12/2000).
- Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia (BOE nº 295, 08/12/2011) y sus modificaciones.
- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico (BOE nº 310, 27/12/2013) y sus modificaciones.
- 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 (BOE nº 243, 10/10/2015).
- Real Decreto 244/2019, Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.
- Resolución DGIEM de aplicación en Murcia del RD1699/2011.- Resolución de la Dirección General de Industria, Energía y Minas por la que se aprueba la

instrucción técnica para la aplicación en la Región de Murcia del Real Decreto 1699/2011.

- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Documentos Básicos del Código Técnico de la Edificación (R.D. 314/2006 de 17 de marzo): DB HE Ahorro de energía.
- Normas UNE correspondientes de obligado cumplimiento
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (BOE nº 269 de 10/11/1995).
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo (BOE nº 97 de 23/04/1997).
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo (BOE nº 97 de 23/04/1997).
- Decreto-ley 24/2021, de 26 de octubre, de aceleración del despliegue de las energías renovables distribuidas y participadas.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. (BOE nº 148 de 21/06/2001).
- Ley 10/2022 que modifica la Ley 49/1960 sobre propiedad horizontal.

6.1.4 Emplazamiento de las instalaciones

La instalación fotovoltaica se realizará en la cubierta del edificio comunitario, ubicado en Calle Camino de Murcia, nº21, 30530 – Cieza (Murcia).

Referencia catastral: 8235901XH3383E

Coordenadas UTM instalación:

- **X:** 638,147
- **Y:** 4.233.320



Figura 50: Vista aérea del edificio

La instalación fotovoltaica se instalará en la parte de la cubierta del edificio que esté libre de sombras de construcciones cercanas, montañas, árboles, etc. El área disponible en la cubierta para esta instalación es de aproximadamente 2546,00 m².

6.1.5 Descripción del sistema

6.1.5.1.- Disponibilidad de irradiación

Para realizar los cálculos de producción se emplean los valores de radiación solar de la ubicación objeto del estudio, los cuales son proporcionados por la base de datos del software PVGIS. Este software se fundamenta en observaciones recogidas por diferentes estaciones meteorológicas de todas las partes del mundo.

- **Producción Anual FV:** 323.102,57 kWh
- **Irradiación Anual:** 2103kWh/m²
- **Cambios en la producción debido a:**
 - **Ángulo de incidencia:** -2.52 %
 - **Efectos espectrales:** 0.51 %
 - **Temperatura y baja irradiancia:** -12.7 %
- **Pérdidas totales:** -26.44 %
- **Coste electricidad FV [por kWh]:** 0.057 por kWh

6.1.5.2 Rendimiento del sistema

La conversión de la energía solar en energía eléctrica a través del efecto fotovoltaico se mide mediante un parámetro conocido como Performance Ratio (PR).

El Performance Ratio incluye las pérdidas de energía en baja tensión (BT) hasta el contador, pero no considera la falta de disponibilidad de la planta ni su autoconsumo, así como tampoco la degradación de los paneles ni otros componentes electromecánicos.

El PR abarca una serie de pérdidas de energía que pueden depender tanto del diseño de la instalación y los equipos involucrados como de las condiciones meteorológicas instantáneas del lugar.

Para calcular el rendimiento energético de la instalación, conocido como "Performance Ratio" (PR), se toman en cuenta las siguientes pérdidas:

- Pérdidas IAM.
- Pérdidas de mismatch o desajuste.
- Pérdidas por polvo o suciedad en los módulos.
- Pérdidas en relación con la potencia nominal.
- Dependencia de la eficiencia de los módulos fotovoltaicos respecto a la temperatura.
- Pérdidas en el cableado de corriente continua (CC) y corriente alterna (CA).
- Pérdidas por errores en el seguimiento del punto de máxima potencia.
- Eficiencia energética del inversor.
- Pérdidas por la posición del generador y sombreados.

La definición de cada una de estas pérdidas es la siguiente:

Pérdidas IAM

La potencia nominal de un módulo fotovoltaico se basa en condiciones estándar (1000 W/m² de irradiancia, temperatura de célula de 25°C, incidencia perpendicular de la radiación y espectro AM1.5G). Sin embargo, en operación real, la radiación rara vez incide perpendicularmente y el espectro varía, lo que provoca pérdidas adicionales a medida que el ángulo de incidencia se aleja de la normal. Estas pérdidas angulares se agravan con la suciedad en los paneles. Además, las células fotovoltaicas responden de manera distinta según la longitud de onda, afectando la producción energética, y las pérdidas IAM (angulares y espectrales) pudiendo variar un $\pm 1\%$.

Pérdidas de mismatch o acoplamiento.

Las pérdidas energéticas en un generador fotovoltaico ocurren al conectar módulos con características eléctricas ligeramente diferentes. Esto es más significativo cuando los módulos se conectan en serie, ya que cada módulo genera una baja tensión (alrededor de 44 V en su punto de máxima potencia). Al conectarse en serie, se logran las tensiones necesarias para el inversor, pero el módulo con menor corriente limita la intensidad de toda la serie, agrupar los módulos por series al inversor limita estas pérdidas entorno $1\pm\%$.

Pérdidas por polvo o suciedad de los módulos

Estas pérdidas ocurren cuando la capacidad generadora de un generador fotovoltaico disminuye debido a la acumulación de polvo y suciedad en la superficie de los módulos, reduciendo la captación de energía solar. Las pérdidas por polvo pueden variar del 0% al día siguiente de una lluvia hasta el 8% cuando los módulos están muy sucios. Estas pérdidas dependen de factores como la inclinación de los módulos y la proximidad a carreteras. Por ello, se recomienda limpiar los módulos si no llueve durante varios días. En esta instalación, que está alejada de carreteras con mucho tráfico, los módulos tienen una inclinación de 35° , lo que es adecuado para que la lluvia los limpie. Se estima que estas pérdidas pueden rondar el $\pm 2,0\%$.

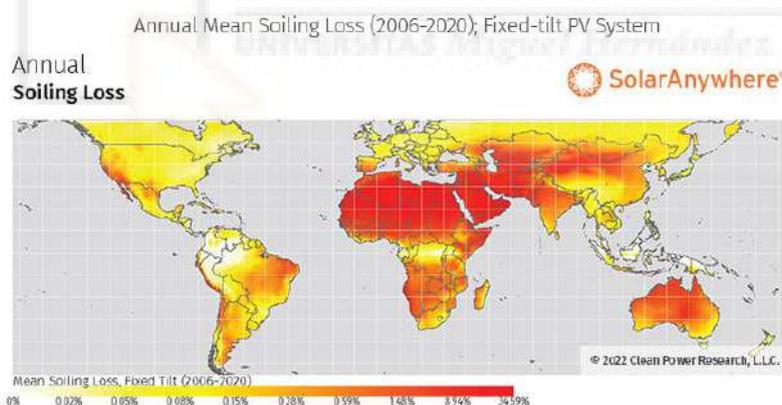


Figura 51: Annual Soiling Loss

Pérdidas respecto a la potencia nominal

En la producción industrial de módulos fotovoltaicos, no todos los módulos son exactamente iguales. Los fabricantes garantizan que la potencia de un módulo con potencia nominal P^* se encuentra dentro de un rango de $P^*\pm 3\%$ a $P^*\pm 5\%$. Como resultado, es probable que la potencia real del sistema no coincida exactamente con la suma de las potencias de catálogo de los módulos. En esta instalación, la tolerancia de

potencia es de 0/+5 W, y los paneles se clasificarán por intensidades para reducir estas pérdidas. Sin embargo, de manera conservadora, se estima una tolerancia de $\pm 2\%$.

Eficiencia de los módulos fotovoltaicos con la temperatura.

Los módulos fotovoltaicos experimentan pérdidas de potencia cuando su temperatura supera las condiciones estándar de medida. La temperatura del módulo está influenciada tanto por la temperatura ambiente como por la irradiación solar. La potencia pico de los módulos se mide en condiciones de laboratorio bajo una irradiación de 1000 W/m^2 , temperatura de célula de 25°C y espectro solar AM 1,5. Estas condiciones son difíciles de replicar en la práctica, ya que la temperatura de la célula suele estar unos 20°C por encima de la temperatura ambiente, lo que provoca un sobrecalentamiento del módulo y reduce su rendimiento.

Para evaluar el funcionamiento de una instalación fotovoltaica, es necesario calcular las variaciones de temperatura del módulo en tiempo real, asumiendo constantes otras pérdidas. El PRCEM representa el PR de la instalación en Condiciones Estándar de Medida (CEM). Las pérdidas por temperatura de la célula se estiman en $\pm 4\%$, siendo más pronunciadas en verano debido a la mayor temperatura ambiente y radiación solar. Las zonas con brisas suaves ayudan a disipar el calor, mejorando el rendimiento del sistema.

Pérdidas óhmicas en el cableado CC y CA

En las partes de corriente continua (DC) y corriente alterna (AC) se producen pérdidas debido a las caídas de tensión en los conductores. Los conductores de la parte de DC deben tener una caída de tensión inferior al $1,5\%$, mientras que, en la parte de AC, estas pérdidas deben ser inferiores al $1,5\%$, cumpliendo con la ITC-BT40. Las pérdidas en el cableado serán las siguientes:

Tabla 7: Cableado utilizado en la parte de CC

Tipo de cable	Función del cable
Cable solar de 4 mm^2 de Cu	Cable de los módulos
Cable H1Z2Z2-K de 6 mm^2 de Cu	Entre subinstalación y el Cuadro de CC
Cable H1Z2Z2-K de 6 mm^2 de Cu	Entre cuadro de CC e inversor

Tabla 8: Cableado utilizado en la parte de CA

Tipo de cable	Función del cable
Cable de RZ1(AS)AL 1x120mm ²	Entre inversor y embarrado B.T.

Los factores mencionados anteriormente dependen de la meteorología, los rendimientos de los materiales utilizados, el mantenimiento y la tecnología empleada. A continuación, se presentan los rendimientos medios de cada parte del cableado de la instalación:

- Parte de corriente continua (CC): 1,3%
- Parte de corriente alterna (CA) en baja tensión: 0,5%
- En conjunto, las pérdidas totales en el cableado son de 1,80%.

Pérdidas por errores en el seguimiento del punto de máxima potencia.

El inversor fotovoltaico conectado a la red incluye un dispositivo electrónico que sigue el punto de máxima potencia del generador fotovoltaico, utilizando algoritmos de control que varían entre diferentes modelos y fabricantes. Un error en el seguimiento de este punto resulta en una pérdida de generación de energía.

Por lo tanto, se consideran: Pérdidas por errores en el seguimiento del punto de máxima potencia = $\pm 1,0\%$.

Eficiencia energética del inversor

El inversor es el componente que transforma la energía de corriente continua en corriente alterna compatible con la red de suministro. Este proceso tiene rendimientos específicos y sufre pérdidas debido al efecto Joule durante la transformación.

El rendimiento europeo del inversor es superior al 96%, considerando los distintos rendimientos del inversor según la carga del sistema, así como las pérdidas en el propio transformador del inversor. Por lo tanto, según la ficha técnica del inversor se considera una eficiencia media de 98,8%.

Pérdidas por posición del generador y sombras

La orientación óptima del generador para una latitud de 38, 237° (latitud de Cieza) es un ángulo de azimut de -5° respecto al Sur y una inclinación de 35°.

Los módulos se instalan con la separación requerida según el Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE para instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red. Esto garantiza

que, el 21 de diciembre, cuando el sol está más bajo, a las 10 horas solares, ninguna fila de paneles proyecte sombras sobre las demás (ver anexo sobre distancias entre filas).

Se considera unas pérdidas por posición del generador y sombras de 0%

Finalmente, se realiza un estudio del rendimiento total de la instalación, teniendo en cuenta las diferentes pérdidas, resultando en el siguiente PR total para nuestra instalación:

$$PR = (\text{Energía generada Real} / \text{Energía Teórica})$$

$$\text{Energía teórica} = \text{Irradiación Anual} \times \text{Potencia Instalada}$$

$$\text{Energía Teórica} = 2103,76 \text{ kWh/m}^2 \times 208,8 \text{ kWp} = 439.326,29 \text{ kWh}$$

$$PR = (323.102,57 \text{ kWh} / 439,326.29 \text{ kWh}) = 0.735$$

PR total de la instalación: 73,5%

6.1.6 Descripción de la instalación

El generador fotovoltaico estará ubicado en la cubierta del edificio, con los módulos fotovoltaicos montados sobre un sistema de soporte inclinado regulable hecho de perfiles de aluminio. Los paneles se fijarán mediante un carril integrado en el soporte a través tornillería de acero inoxidable, toda la estructura va anclada a unos lastres de hormigón mediante espárragos, se utiliza espuma de enganche junto con pasta de protección UV para mejorar la fijación de los lastres a la cubierta.

La instalación tiene una potencia nominal total de 200,00 kW y una potencia pico de 208,80kWp. Incluye un total de 360 paneles fotovoltaicos de 580Wp, dos inversores de 100,00 kW nominales, sistemas de protección y cuadros eléctricos. Los principales componentes de la instalación proyectada son:

Generador: compuesto por módulos fotovoltaicos, elementos de soporte y fijación de los módulos, y elementos de interconexión entre los módulos...

Adaptador de energía: compuesto por inversores, cuadros de corriente continua y cableados...

Conexión a red: compuesto por cuadros de medida e interruptores, sistemas de protección, cableado de interconexión, sistema de inyección cero, etc.

Monitorización: compuesto por sensores y sistemas de adquisición de datos...

Una instalación fotovoltaica conectada a la red sigue el esquema mostrado en la figura.

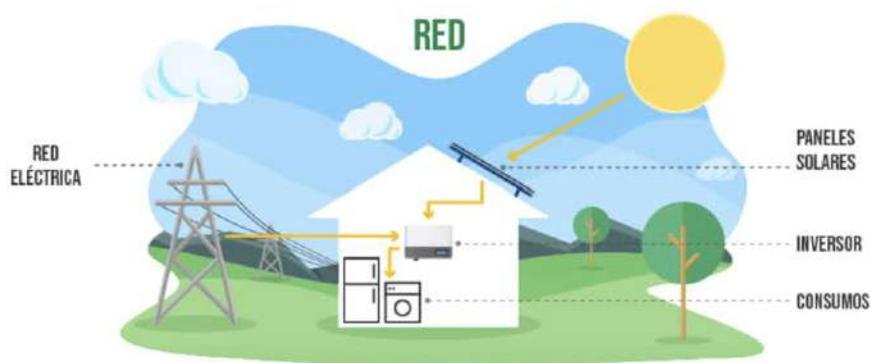


Figura 52: Instalación fotovoltaica conectada a red

El generador fotovoltaico consiste en varios módulos del mismo modelo conectados eléctricamente, encargados de convertir la energía solar en energía eléctrica, produciendo una corriente continua proporcional a la irradiancia solar que reciben.

Cada fila de módulos se conectará al cuadro de protecciones de corriente continua (DC), que contendrá los elementos de protección para esa parte de la instalación. Antes de llegar al inversor y al cuadro de protecciones DC, se instalará un interruptor de corriente continua. La salida del inversor se conectará al cuadro de protecciones de corriente alterna (AC), luego al contador de energía para medir la energía generada, y finalmente al cuadro general de baja tensión del transformador. Las protecciones del sistema cumplirán con el Real Decreto 900/2015 y las normas específicas de la empresa distribuidora.

El cableado y los elementos de protección cumplirán con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (e Instrucciones Complementarias) y con las Normas Particulares de la Compañía Distribuidora.

El punto de conexión a la red de distribución será a una tensión de 400 V en la CGP del suministro del edificio objeto del proyecto.

6.1.6.1 Módulos fotovoltaicos

El módulo fotovoltaico elegido para esta instalación es el modelo JAM66D42 MB 580W, con una potencia de 580 Wp, de la marca JA Solar, o similar. Está diseñado para sistemas conectados a la red como tejados, sistemas residenciales y plantas fotovoltaicas.

El módulo fotovoltaico bifacial monocristalino con tecnología N-Type de la marca JA Solar alcanza una eficiencia máxima del 22,5%. Este panel solar presenta una tolerancia positiva de potencia de 0/5W, lo que garantiza una producción constante de energía durante toda su vida útil. La tecnología de célula tipo n reduce las pérdidas por

recombinación y aumenta la eficiencia y potencia de la célula. Además, el módulo posee un coeficiente de temperatura de $-0,30\%/^{\circ}\text{C}$, mejorando el rendimiento en climas cálidos.

El panel solar con tecnología de doble vidrio bifacial presenta varias ventajas clave que lo convierten en una opción sobresaliente en el mercado de la energía solar. Su diseño avanzado permite un rendimiento y eficiencia superiores, con una degradación de potencia más lenta en comparación con otros paneles solares, manteniéndose en un 1% en el primer año.

Además, su durabilidad se ve reflejada en una degradación anual mínima de menos del 0,4% del segundo al trigésimo año. Opera en un rango de temperatura de -40 a 85°C y tiene un grado de protección IP68, asegurando su resistencia en diversas condiciones ambientales. Este panel solar es una de las opciones más eficientes y confiables del mercado, ideal para instalaciones residenciales y comerciales, respaldado con una garantía de 12 años para el producto, fabricación y materiales, y una garantía de potencia lineal de 30 años.

El número total de paneles fotovoltaicos en el presente proyecto asciende a 360.

6.1.6.2 Dimensionado del generador fotovoltaico

El generador fotovoltaico de 200,00 kW de potencia nominal se ha diseñado con 360 módulos de última tecnología de Silicio monocristalino modelo JAM66D42 serie MB de la marca JA Solar o similar, con una potencia pico nominal de 580 Wp por cada uno.

La potencia del inversor debe ajustarse a la potencia del módulo. No obstante, los datos de potencia de los módulos (Wp) se refieren a las Condiciones Estándar de Medida (STC: $1000\text{W}/\text{m}^2$, 25°C , $\text{AM} = 1,5$), estas condiciones son ideales de laboratorio, que nunca se dan en la práctica. De ahí que deba elegirse una potencia pico (potencia en los módulos) de un tanto por ciento mayor que la potencia nominal (potencia en el inversor), para una vez descontadas las pérdidas sacar el máximo rendimiento al sistema, con el mínimo coste.

Las características técnicas del módulo se incluyen en el capítulo de Anexos.

Los módulos se conectarán en 36 ramas en serie de 10 módulos, conectadas (18 por cada inversor) a dos inversores Huawei SUN2000-100KTL-M2 o similar a la marca HUAWEI. El número de los módulos solares en serie debe elegirse de modo que la tensión de entrada no supere en ningún caso el rango de tensión de entrada del inversor, de lo

contrario el inversor puede colapsarse. Teniendo en cuenta los coeficientes de temperatura $T_k(Voc)$ y $T_k(Isc)$.

Las características técnicas de los inversores se incluyen en el capítulo Anexos.

A continuación, se indica el cumplimiento de cada uno de los inversores:

- **Corriente en A**

Corriente nominal de salida: 144.4 A @ 400 V, 120.3 A @ 480 V

Corriente máxima de salida: 160.4 A @ 400 V, 133.7 A @ 480 V

- **Factor de dimensionamiento en %**

El factor de dimensionamiento no se especifica directamente en el documento. Este factor suele depender del diseño del sistema y puede variar.

- **Potencia del generador FV en kWp**

Potencia nominal de salida en AC (Activa): 100,000 W (100 kW)

Potencia máxima de salida en AC (Activa): 110,000 W (110 kW)

- **Potencia aparente en AC máxima en kVA**

Potencia aparente máxima en AC: 110,000 VA (110 kVA)

- **Potencia Activa en CA en kW ($\cos\phi=1$)**

Potencia activa máxima en CA con $\cos\phi=1$: 110,000 W (110 kW)

6.1.6.3 Estructura

Uno de los componentes cruciales de una instalación fotovoltaica es la estructura de soporte, que sostiene los módulos solares y forma el panel. Esta estructura es esencial para optimizar el aprovechamiento de la radiación solar, ya que permite ajustar la inclinación de los módulos para que reciban la mayor cantidad de radiación posible, mejorando así su eficiencia.

Para minimizar el impacto del viento y facilitar el drenaje de la lluvia sobre los paneles solares, es recomendable dejar espacios entre los módulos. Estos espacios también permiten acomodar las expansiones y contracciones que ocurren debido a las variaciones de temperatura. Los módulos se atornillan directamente a la estructura, asegurando que no haya filtraciones. Además, las partes metálicas de la estructura estarán conectadas a la toma de tierra de la instalación.

Cuadro de velocidades máx. admisibles de viento 									
Inclinación	Tamaño del módulo 	1	2	3	4	5	6	n° de módulos	
KIT	De 20° a 30°	<2279x1150	150	150	150	130	150	150	Velocidad de viento km/h
	35°	<2279x1150	150	150	150	130	130	150	
SISTEMA PS		<2400x1350	130						

Figura 53: Cuadro de velocidades máximas admisibles

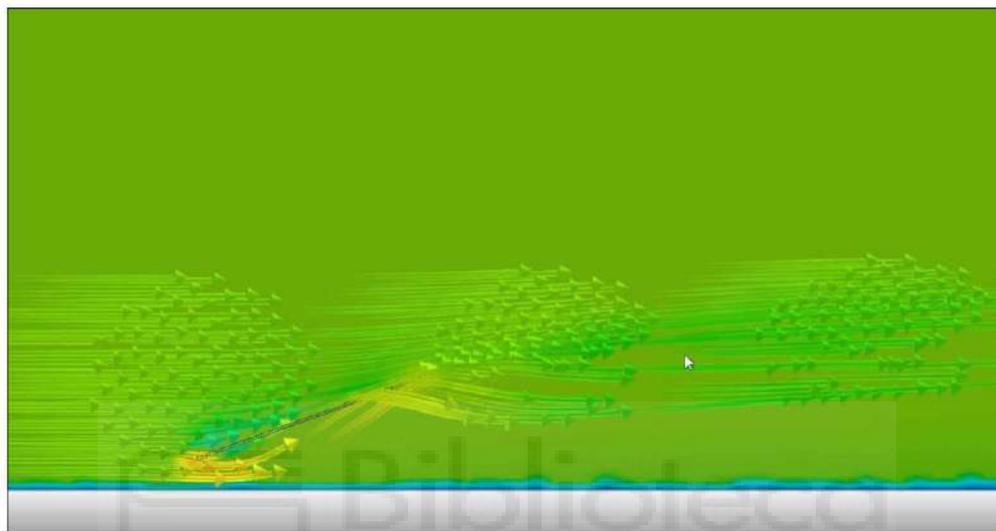


Figura 54: Simulación de la estructura frente a viento

La estructura de soporte de las placas solares debe resistir la fuerza del viento, con un mínimo de 140 km/h, así como la sobrecarga de nieve, conforme a lo establecido en el Código Técnico de la Edificación (CTE). El tipo de anclaje dependerá de la ubicación de las placas, en este caso, una cubierta plana, y de las fuerzas ejercidas sobre ella por la presión del viento.

Para cumplir con las velocidades máximas admisibles de viento especificadas en la tabla, se deberán respetar todas las instrucciones indicadas en los planos de montaje.

La estructura de soporte debe proporcionar al campo fotovoltaico una inclinación adecuada respecto a la horizontal para optimizar el rendimiento según la latitud del emplazamiento y lograr una buena integración arquitectónica. En este caso, la inclinación será adaptada a una cubierta plana.

- **Inclinación de la cubierta:** Cubierta plana
- **Inclinación de los módulos respecto la cubierta:** 35°
- **Ángulo de Azimut:** -5°

Sobrecarga Prevista

Se va a realizar una instalación fotovoltaica de 208,8 kWp, que consta de 360 módulos de 580Wp de silicio policristalino sobre una cubierta plana.

Los paneles fotovoltaicos se fijan a la estructura mediante un soporte inclinado regulable. Este soporte es ajustable en un rango de 20° a 35°, lo que permite optimizar la inclinación de los paneles según las necesidades específicas de la instalación. El soporte, fabricado con perfilera de aluminio EN AW 6005A T6 y tornillería de acero inoxidable A2-70, se ancla a los lastres de hormigón utilizando tornillería.

Este diseño premontado facilita la instalación y asegura una disposición vertical de los módulos, compatible con espesores que van de 28 a 40 mm. La resistencia del soporte permite soportar vientos de hasta 150 km/h y cargas de nieve de 40 kg/m², garantizando la durabilidad y seguridad del sistema.

La estructura que sostiene los paneles se fija a la cubierta mediante lastres con espárragos de enganche unidos a los soportes de la estructura y un ángulo para sujetar la guía, así mismo se colocarán los ángulos que proporcionan la inclinación y soporte necesarios. Es crucial comprobar la capacidad portante de la cubierta antes de la instalación para asegurar que pueda soportar las cargas adicionales. Se utiliza espuma de enganche junto con pasta de protección UV para mejorar la fijación de los lastres a la cubierta.

La instalación generadora estará orientada al suroeste, para optimizar el rendimiento. Las dimensiones y peso de cada módulo son las siguientes:

- **Largo:** 1.134mm
- **Ancho:** 2.278 mm
- **Profundo:** 30 mm
- **Peso:** 31,8 kg

El tipo de cubierta es cubierta de losa aligerada de aproximadamente 25 cm de espesor y 5 cm de capa compresión (masa unitaria cubierta 290 kg/m²).

Calculando la sobrecarga que podría originar la instalación, se llega a la conclusión de que no supone esfuerzo significativo para la estructura, debido a que la sobrecarga de diseño de la cubierta es de 100 kg/m², siendo el total de la sobrecarga de 12,42 kg/m², según la normativa en la que se construyó la edificación (Norma MV 101-1962).

A continuación, se muestra el cálculo de la sobrecarga y detalles de montaje de la estructura:

- **Peso del panel solar (kg):** 31,8 kg
- **Peso de la estructura por panel (kg):** 10 kg/panel
- **Peso por bloque de hormigón (kg):** 11,5 kg/bloque
- **Peso la estructura por panel TOTAL (kg):** 10 kg/panel×360 paneles=3.600 kg
- **Peso de paneles TOTAL (kg):** 31,8 kg/panel×360 paneles=11.448 kg
- **Peso bloques de hormigón TOTAL (kg):**
 11,5 kg/bloque×4 bloques/panel×360 paneles=16.560 kg
- **Peso TOTAL sobre cubierta (kg):**
 11.448 kg (paneles)+3.600 kg (estructura)+16.560 kg (bloques)=31.608 kg.
- **Peso TOTAL sobre cubierta (kg/m²):** 31.608 kg/2546 m²=12,42 kg/m²

Tabla 9: Detalle sobrepeso estructura

Descripción	Valor
Peso total estructura completa (kg)	3.600 kg
Peso total paneles (kg)	11.448 kg
Peso total bloques de hormigón (kg)	16.560 kg
Peso total sobre cubierta (kg)	31.608 kg
Area cubierta	2546m ²
Peso total sobre cubierta (kg/m²)	12,42 kg/m²

Cálculo del cumplimiento de los apoyos de hormigón de la estructura en la cubierta.

Las hipótesis simples de carga consideradas son las siguientes:

- Carga permanente (G) + PESO PROPIO (PP PANELES)
- Viento 1 SUCCIÓN (V1); 0 grados.
- Viento 2 PRESIÓN (V2); 180 grados.
- Sobrecarga de nieve (N).

VIENTO: $q_e = q_b \times c_e \times c_p$ (3.3.2 Acción del viento, DB SE-AE) siendo:

q_b : la presión dinámica del viento. De forma simplificada, como valor en cualquier punto del territorio español, puede adoptarse 0,5 kN/m². Pueden obtenerse valores más precisos mediante el anejo D, en función del emplazamiento geográfico de la obra.

c_e : el coeficiente de exposición, variable con la altura del punto considerado, en función del grado de aspereza del entorno donde se encuentra ubicada la construcción. Se determina de acuerdo con lo establecido en 3.3.3. En edificios urbanos de hasta 8 plantas puede tomarse un valor constante, independiente de la altura, de 2,0.

c_p : el coeficiente eólico o de presión, dependiente de la forma y orientación de la superficie respecto al viento, y en su caso, de la situación del punto respecto a los bordes de esa superficie; un valor negativo indica succión. Su valor se establece en 3.3.4 y 3.3.5.

Tabla 3.4. Valores del coeficiente de exposición c_e

Grado de aspereza del entorno	Altura del punto considerado (m)							
	3	6	9	12	15	18	24	30
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	2,4	2,7	3,0	3,1	3,3	3,4	3,5	3,7
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	1,3	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6
V Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,9	2,0

- **$q_b = 0,5 \text{ kN/m}^2$.** (De forma simplificada, como valor en cualquier punto del territorio español, puede adoptarse 0,5 kN/m².)
- **$c_e = 2,0$** (En edificios urbanos de hasta 8 plantas puede tomarse un valor constante, independiente de la altura, de 2,0)
- **$c_p = 0,7$ Presión**
- **$c_s = -0,3$ Succión**
- **$q_e = 0,5 \times 2 \times 0,7 = 0,7 \text{ kN/m}^2 = 71,380 \text{ kg/m}^2$ (Presión)**
- **$q_e = 0,5 \times 2 \times -0,3 = -0,3 \text{ kN/m}^2 = -30,591 \text{ kg/m}^2$ (Succión)**

Nieve

Como valor de carga de nieve por unidad de superficie en proyección horizontal, **q_n** , puede tomarse: **$q_n = \mu \cdot s \text{ k}$** siendo:

- **μ** coeficiente de forma de la cubierta según 3.5.3 = 1 (Si hay impedimento, se tomará $\mu = 1$ sea cual sea la inclinación.)

- s_k el valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal según 3.5.2 = **0,2**
- $q_n = \mu \cdot s_k = 1 \times 0,2 = 0,2 \text{ KN/m}^2 = 20,394 \text{ kg/m}^2$

PESO PROPIO

- Peso panel: 31,8 kg
- Superficie panel: $2,278 \times 1,134 = 2,581 \text{m}^2$
- $31,8 \text{ Kg}/2,518 \text{m}^2 = 12,63 \text{ kg/m}^2$

Ámbito de carga $S = (2,278 \times 1,134) = 2,518 \text{ m}^2$

Las cargas a tener en cuenta son:

- $V1 = 71,380 \text{ kg/m}^2 \times 2,518 \text{m}^2 = 179,735 \text{ kg}$ (Presión)
- $V2 = -30,591 \text{ kg/m}^2 \times 2,518 \text{m}^2 = -77,028 \text{ kg}$ (Succión)
- $N = 20,394 \text{ kg/m}^2 \times 2,518 \text{m}^2 = 51,35 \text{ kg}$ (Nieve)
- $PP = 31,8 \text{ Kg}$ (Peso propio panel)

Estas cargas se repartirán sobre la estructura de la siguiente manera:

La nieve y el peso propio a partes iguales entre los puntos de fijación, esto es:

- $N = 12,838$ (Nieve en cada fijación)
- $PP = 7,95 \text{ Kg}$ (Peso propio panel en cada fijación)

Las cargas de viento $V1$ y $V2$ según el equilibrio de momentos que resulta de repartir las cargas considerando la resultante de acción del viento actuando a una distancia $d/4$ medida desde el borde de barlovento (parte alta de la estructura), como establece el CTE en su documento básico SE-AE.



Figura 55: Equilibrio de momentos

Siendo $L=1134$; $L/4=283,5$

$$\sum Ma = P \cdot x \cdot (1134 - 283,5) - R_{bx} \cdot 1134 = 0$$

$$R_{bx} = 0,75 \cdot P$$

$$R_{ax} = 0,25 \cdot P$$

- $V1 = 71,380 \times 0,75 = 53,535 \text{ kg}$ (V1 PRESIÓN ranurado superior)
- $V1 = 71,380 \times 0,25 = 17,845 \text{ kg}$ (V1 PRESIÓN ranurado inferior)
- $V2 = -30,591 \text{ kg/m}^2 \times 0,75 = -22,943 \text{ kg}$ (V2 SUCCIÓN ranurado superior)
- $V2 = -30,591 \text{ kg/m}^2 \times 0,25 = -7,648 \text{ kg}$ (V2 SUCCIÓN ranurado inferior)

Por lo tanto, el ingeniero que suscribe el presente proyecto, certifica que la cubierta del edificio tiene capacidad portante suficiente para aguantar las cargas adicionales de la instalación de autoconsumo fotovoltaica, según la normativa actual (CTE-SE y CTE-AE).

El sistema de sujeción es mediante lastres de hormigón armado, cuya comprobación se ha realizado en este punto, por lo que no hay perforaciones en la cubierta que puedan ocasionar filtraciones y goteras.

En el caso que el instalador proponga una solución distinta, se aportará un estudio de capacidad estructural con dicha solución.

6.1.6.4 Inversores

Se utilizarán dos inversores Huawei SUN2000-100KTL-M2 de la marca HUAWEI o similar a corriente continua entregada por el generador solar en corriente alterna. La potencia nominal del inversor es adecuada a la potencia pico del generador fotovoltaico.

Cumple con las exigencias requeridas en el RD 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, en cuanto a protecciones, puesta a tierra, compatibilidad electromagnética, etc. Es un inversor de potencia con salida trifásica para operación en paralelo con conexión a red, 3x/400 V, 50 Hz. Dispone de un sistema avanzado de seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT) y un alto rendimiento energético, mayor de 98%; panel de control integrado con pantalla LCD para visualización de estados de operación y valores actuales.

Características técnicas:

Technical Specification		SUN2000-100KTL-M2
Efficiency		
Max. efficiency		98.6% @ 400 V, 98.8% @ 480 V
European efficiency		98.4% @ 400 V, 98.6% @ 480 V
Input		
Max. Input Voltage ¹		1,100 V
Max. Current per MPPT		30 A
Max. Current per Input		20 A
Max. Short Circuit Current per MPPT		40 A
Start Voltage		200 V
MPPT Operating Voltage Range ²		200 V – 1,000 V
Nominal Input Voltage		600 V @ 400 Vac, 720 V @ 480 Vac
Number of MPP trackers		10
Max. input number per MPP tracker		2
Output		
Nominal AC Active Power		100,000 W
Max. AC Apparent Power		110,000 VA
Max. AC Active Power (cosφ=1)		110,000 W
Nominal Output Voltage		400 V/ 480 V, 3W+(N)+PE
Rated AC Grid Frequency		50 Hz / 60 Hz
Nominal Output Current		144.4 A @ 400 V, 120.3 A @ 480 V
Max. Output Current		160.4 A @ 400 V, 133.7 A @ 480 V
Adjustable Power Factor Range		0.8 leading... 0.8 lagging
Max. Total Harmonic Distortion		< 3%
General Data		
Dimensions (W x H x D)		1,035 x 700 x 365 mm
Weight (with mounting plate)		93 kg
Operating Temperature Range		-25°C – 60°C
Cooling Method		Smart Air Cooling
Max. Operating Altitude		4,000 m (13,123 ft.)
Relative Humidity		0 – 100%
DC Connector		Amphenol HH4
AC Connector		Waterproof Connector + OT/DT Terminal
Protection Degree		IP66
Topology		Transformerless
Nighttime Power Consumption		< 3.5 W

Figura 56: Características técnicas inversor

El SUN2000-100KTL-M2 cumple con los estándares y normativas que exigen una baja distorsión armónica total (THD) en la corriente de salida para minimizar el impacto en la calidad de la energía de la red. Para la mayoría de los inversores de calidad como el Huawei SUN2000-100KTL-M2, el THD en la corriente suele ser muy bajo, normalmente por debajo del 3% en condiciones de carga nominal. Esto es generalmente suficiente para cumplir con las normativas de conexión a la red eléctrica, que requieren que la distorsión armónica total de corriente sea inferior a 5%.

En el capítulo de Anexos se incluyen las Especificaciones Técnicas de los Inversores.

6.1.6.5 Elementos de protección, maniobra y medida

Elementos de protección

En el circuito de evacuación de energía, es importante diferenciar entre la parte de corriente continua y la de corriente alterna. A continuación, se detallan las protecciones para cada tipo de circuito.

Circuito de corriente continua:

Protección contra cortocircuitos: La corriente de cortocircuito del generador fotovoltaico es ligeramente superior a la corriente de operación, lo que hace que un cortocircuito no sea problemático para esta parte del circuito. Sin embargo, para el inversor sí puede representar un problema, por lo que se instalará un equipo de protección en cada entrada del inversor. Este equipo protegerá a los paneles fotovoltaicos de posibles sobretensiones y sobreintensidades.

El equipo incluye un interruptor de corte en carga que permite desconectar la línea del grupo de paneles para realizar tareas de mantenimiento correctivo o preventivo en esa zona. Además, cuenta con fusibles de 1000 Vdc que protegen ambos polos (+ y -) de sobreintensidades. Estas protecciones se ubicarán en el Cuadro de Protecciones de DC.

Protección contra sobrecargas: Los fusibles mencionados anteriormente también protegerán el circuito contra sobrecargas. Estos fusibles serán del tipo gR y tendrán la función adicional de facilitar las tareas de mantenimiento. El Cuadro de Protecciones de DC incluirá estos fusibles de serie. Para evitar riesgos, se exigirá aislamiento de clase II en los módulos fotovoltaicos, cables y cajas de conexión.

Protección contra contactos directos e indirectos: Se instalará un interruptor para corriente continua integrado en el inversor.

Protección contra sobretensiones: Se instalará un protector contra sobretensiones integrado en el inversor, que derivará a tierra cualquier sobretensión que ocurra.

Protección contra polarización inversa: Esta protección estará integrada en el inversor.

Circuito de corriente alterna:

Protección contra cortocircuitos y sobrecargas: El inversor cuenta con protecciones integradas para cortocircuitos y sobrecargas. Además, se instalará en el Cuadro de Protecciones de AC un interruptor magnetotérmico tetrapolar de 40 A y un interruptor general de corte en carga de 40 A, situados entre el inversor y el contador bidireccional, para facilitar el mantenimiento y colocados en la línea de la red eléctrica de distribución en baja tensión.

Protección contra sobretensiones: Se instalará un protector contra sobretensiones tipo 2 en el Cuadro de AC.

Fallos a tierra: Se instalará una protección diferencial junto con el interruptor automático magnetotérmico previsto en el cuadro de protecciones de baja tensión, para actuar en caso de derivaciones de corriente en este circuito.

Circuito de conexión al cuadro CGP:

Se instalará un interruptor de 40 A en el Cuadro de Protección AC, ubicado en el mismo cuadro antes de la conexión a la CPM.

Elementos de medición:

El contador de energía que se instale cumplirá con lo estipulado en el Real Decreto 1110/2007.

Equipos de medición en BT:

El Cuadro General de Protección y Medida, conforme a las normas de IBERDROLA, estará compuesto por:

Un contador electrónico Circutor o similar, trifásico de energía activa y reactiva, de conexión indirecta para carril DIN o adaptable a panel, y de 4 cuadrantes (mide la energía consumida y generada en activa (kWh) y reactiva (kvarh), tanto capacitiva como inductiva). Este se ubicará entre el cuadro de protecciones de AC y el cuadro General de BT.

6.1.6.6 Cableado y línea general

El sistema de distribución en el campo de módulos incluye conductores activos de cobre que transportan la energía producida, así como conductores auxiliares.

Todos los conductores de corriente continua, junto con aquellos que van desde la caja de conexiones cercana al generador hasta el inversor y su respectiva aparamenta, serán de doble aislamiento y estarán bajo un tubo protector siempre que sea posible. Cumplirán con lo establecido en la norma UNE 21123.

El cableado de la instalación se realizará de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión vigente y será adecuado para uso en exteriores, al aire libre o enterrado, tipo RV-K 0,6/1 kV (UNE 21123).

6.1.6.7 Toma a tierra

La puesta a tierra de la instalación se regirá por lo especificado en:

- REAL DECRETO 1699/2011, de 18 de noviembre.
- REAL DECRETO 842/2002, de 2 de agosto – REBT y sus ITC (ITC-BT).

Según el artículo 12 del RD 1699/2011, la puesta a tierra de las instalaciones fotovoltaicas interconectadas debe realizarse de manera que no se alteren las condiciones de puesta a tierra de la red de la empresa distribuidora, garantizando que no se produzcan transferencias de defectos a la red de distribución.

La instalación deberá contar con una separación galvánica entre la red de distribución de baja tensión y las instalaciones fotovoltaicas, ya sea mediante un transformador de aislamiento u otro medio que cumpla la misma función. En esta instalación, se dispone de separación galvánica entre la CC y la CA a través del transformador del inversor.

Las masas de la instalación fotovoltaica estarán conectadas a una tierra independiente de la del neutro de la empresa distribuidora, según lo estipulado en el Reglamento electrotécnico para baja tensión, así como de las masas del resto del suministro.

Para proteger contra contactos directos e indirectos, se utilizará aislamiento de clase II o doble aislamiento en los equipos.

La parte de corriente alterna, que está separada galvánicamente de la parte de corriente continua, tendrá una toma de tierra que permitirá el funcionamiento del interruptor diferencial. Esta toma de tierra conectará las partes metálicas de la instalación, como la estructura soporte de los paneles, los marcos de los paneles y la carcasa del inversor. Esta tierra no coincidirá con la tierra de la instalación de suministro eléctrico de la compañía distribuidora.

La resistencia de la red de tierras general será inferior a 20Ω , conforme a la ITC-BT-18 del REBT. Se utilizarán las picas necesarias para lograr una resistencia inferior a 20Ω .

Las conexiones se realizarán con elementos apropiados para asegurar una unión perfecta y estarán dimensionados de modo que no sufran calentamientos superiores a los del conductor al paso de la corriente. Además, estarán protegidos contra la corrosión galvánica.

Cada instalación contará con una caja de registro para la comprobación de la resistencia óhmica de la instalación.

La sección del cable de puesta a tierra será la mitad de la sección del conductor de fase, siempre que la sección de este último sea superior a 16 mm², cumpliendo con la ITC-BT-18 del REBT.

- Sección del conductor de puesta a tierra de 16 mm²

En resumen, se dispondrán las siguientes puestas a tierra unificadas:

Tierra de protección:

- Puesta a tierra de todas las estructuras de soporte de los módulos fotovoltaicos.
- Red de tierras del inversor.
- Red de tierras para el cuadro de protección de corriente alterna y continua.

Las conexiones se realizarán con elementos adecuados para asegurar una unión perfecta. Estarán dimensionadas para evitar calentamientos superiores a los del conductor al paso de la corriente y estarán protegidas contra la corrosión galvánica.

Cada instalación contará con una caja de registro para la comprobación de la resistencia óhmica de la instalación.

6.1.6.8 Monitorización

El sistema de monitorización proporcionará, como mínimo, las siguientes mediciones:

- Voltaje y corriente de corriente continua en la entrada del inversor.
- Voltaje de fase en la red y potencia total de salida del inversor.
- Radiación solar en el plano de los módulos.
- Temperatura ambiente a la sombra.
- Potencia activa de salida del inversor.
- Potencia reactiva de salida del inversor.
- Temperatura de los módulos.
- Energía autoconsumida.

El sistema de monitorización incluirá una alarma que enviará notificaciones por correo electrónico en caso de posibles fallos en la instalación.

6.1.6.9 Cableado de baja tensión

Siguiendo el pliego de condiciones técnicas del IDAE y la ITC-BT40, el cableado deberá cumplir los siguientes requisitos:

Los conductores tendrán una sección adecuada para evitar caídas de tensión y sobrecalentamientos. Específicamente, los conductores de la parte de corriente continua tendrán una sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior al 1,5%, y los de la parte de corriente alterna también tendrán una sección adecuada para mantener la caída de tensión por debajo del 1,5%. En ambos casos, se tomará como referencia las tensiones correspondientes a las cajas de conexiones. Los conductores positivos y negativos de cada grupo de módulos se conducirán por separado y estarán protegidos según la normativa.

Se incluirá la totalidad del cableado de corriente continua y alterna. Los cables deberán tener la longitud suficiente para evitar esfuerzos en los diversos elementos y prevenir posibles enganches durante el tránsito normal de personas.

Todo el cableado de corriente continua será de doble aislamiento y adecuado para su uso en exteriores, ya sea al aire libre o enterrado, cumpliendo con la norma UNE 21123.

Corriente continua

El circuito de corriente continua abarca el cableado que conecta los módulos fotovoltaicos con la entrada del inversor. Este apartado también incluye los cruces y paralelismos que se presenten en este circuito.

Selección del tipo de cable a utilizar:

Los cables a utilizar serán unipolares de cobre con una tensión nominal de 0,6/1 kV, flexibles de clase 5 según UNE EN 60228. Para la instalación exterior, los cables no deben propagar la llama, y para la instalación interior, deben ser resistentes al fuego con baja emisión de humo y opacidad. Por lo tanto, se empleará cable normalizado tipo H1Z2Z2-K. La instalación constará de 36 ramas fotovoltaicas, cada una formada por 10 módulos. Las ramas se configuran uniendo los módulos con sus respectivos cables en serie.

Los módulos fotovoltaicos se protegerán de la exposición directa al sol. Para conectar módulos distantes, se utilizará cable solar H1Z2Z2-K de 4 mm² de cobre.

Los cables que conectan las tres series de cada inversor en los circuitos de corriente continua se conducirán a través de bandejas o canales para cables hasta el Cuadro de Protecciones de DC, que se ubicará en el interior del edificio.

El cableado que une las ramas hasta el Cuadro de Protecciones DC será de cobre H1Z2Z2-K de 6 mm², con protección de seguridad clase II, adecuado para exteriores. La tensión nominal será de al menos 1 kV, y el recubrimiento garantizará una alta resistencia a las

condiciones climáticas, cumpliendo con los requisitos específicos de la norma UNE 21030. Este cable llevará el mismo conector que los módulos fotovoltaicos, con aislamiento hasta 1.000 V, seguridad clase II y partes activas protegidas contra contactos accidentales. Desde el Cuadro de Protecciones DC, se conectará al inversor de la instalación con dos cables para cada string (uno positivo y otro negativo) de H1Z2Z2-K de 6 mm² de cobre.

La tensión asignada será de al menos 1 kV, con un recubrimiento que asegure resistencia a las condiciones exteriores y cumpla con la norma UNE 21030. El tendido de los cables se realizará con cuidado, evitando la formación de bucles, torceduras, roces dañinos y tensiones excesivas, y sin curvaturas que excedan las permitidas para cada tipo de cable.

Corriente alterna

La baja tensión en corriente alterna se extiende desde el inversor hasta el Cuadro General de Baja Tensión del transformador.

Las caídas de tensión se calcularán y deberán ser inferiores al 1,5% (según ITC-BT-40). Los cables se instalarán en tubos o bajo bandejas metálicas de rejilla.

La línea entre el inversor y el Cuadro de Protecciones de Baja Tensión utilizará cable RV-K 0,6/1 kV de 120 mm² de aluminio, este cable serán resistente al fuego y tendrán baja emisión de humo y opacidad, cumpliendo con la norma UNE-21123.

Los terminales serán de material bimetálico y se instalarán con el equipo adecuado, ya sea con tenazas para secciones más pequeñas o con prensa hidráulica para secciones mayores.

El tendido de los cables se realizará con cuidado para evitar la formación de bucles y torceduras, así como roces dañinos y tensiones excesivas, sin permitir curvaturas superiores a las permitidas para cada tipo de cable.

El trazado debe ser lo más recto posible, y se deben respetar los radios de curvatura mínimos indicados por los fabricantes o, en su defecto, los especificados en las normas UNE 20.435.

6.1.7 Balance medioambiental

La energía solar fotovoltaica, al ser una fuente renovable, representa una alternativa energética significativamente más respetuosa con el medio ambiente en comparación con las fuentes convencionales. Esto se debe a que los recursos solares son inagotables a

escala humana y pueden satisfacer nuestras necesidades energéticas sin agotar los recursos naturales. Un aspecto particularmente favorable de la energía solar fotovoltaica es que su implementación generalmente ocurre a nivel local, eliminando la necesidad de costosas infraestructuras para el transporte de energía desde los puntos de producción hasta los puntos de consumo.

Sin embargo, las principales cargas ambientales se generan durante la extracción de materias primas. A pesar de esto, la mayoría de las células fotovoltaicas actuales están hechas de silicio, un material abundante derivado de la arena, que no requiere grandes cantidades para su producción. Las cargas ambientales también surgen durante el proceso industrial de fabricación de células y módulos fotovoltaicos, así como en la estructura de montaje. En la fase de operación, el impacto ambiental es mínimo y no involucra la emisión de sustancias tóxicas, ya que las tareas de mantenimiento se limitan a limpieza y supervisión ligera.

Al final de la vida útil de los módulos, los materiales pueden ser recuperados y reciclados, reduciendo significativamente la cantidad de residuos generados. Por lo general, los módulos dañados se retornan al productor para su reparación, reutilización o disposición final. El vidrio y el aluminio de los módulos, así como el silicio, se incorporan a los procesos de reciclaje establecidos.

En cuanto al impacto sobre el medio físico, los sistemas fotovoltaicos no afectan a la calidad del aire ni generan ruido, ni alteran la hidrología existente. Es crucial gestionar adecuadamente los módulos al final de su vida útil para minimizar impactos negativos, implementando estrategias efectivas de reciclaje y reutilización de los materiales.

Uno de los principales impactos visuales es el efecto sobre el paisaje, que puede ser mitigado en gran medida mediante una integración cuidadosa con el entorno natural y las estructuras existentes.

La energía solar fotovoltaica contribuye a la reducción de problemas medioambientales significativos, tales como:

- **Efecto invernadero:** Disminuye las emisiones de CO₂, reduciendo el calentamiento global.
- **Lluvia ácida:** Reduce las emisiones de SO_x, que son responsables de la lluvia ácida.

6.1.8 Plazo de ejecución y plazo de garantía

El plazo de ejecución es de 12 semanas, desde el suministro de los materiales a pie de obra.

El período de garantía no será inferior a 1 AÑO. Durante este tiempo, el contratista deberá corregir cualquier defecto en la instalación realizada, así como los problemas de funcionamiento que no se deban al uso por parte del promotor.

6.1.9 Presupuesto

El presupuesto total de las obras sin IVA asciende a la cantidad de **CIENTO VEINTISIETE MIL CIENTO TRES EUROS CON TRES CÉNTIMOS (127.103,03€)**.

El presupuesto total con IVA asciende a la cantidad de **CIENTO OCHENTA Y TRES MIL QUINCE EUROS CON SESENTA Y CINCO CÉNTIMOS (183.015,65 €)**.



Cieza, a 23 de septiembre de 2.024

Ingeniero Industrial,

Plácido Sánchez Ballesteros

Ingeniero Industrial

Colegiado nº 7.051

6.2 Cálculos justificativos

6.2.1 Cálculos corriente continua

Máxima caída de tensión.

Para el cálculo del cableado eléctrico se va a emplear el criterio de la caída de tensión, de forma que se limiten las pérdidas a un máximo del 1,5% de la tensión en la parte de continua tal y como se establece en el artículo 5 de la ITC-BT-40 del Reglamento electrotécnico de Baja Tensión. La máxima caída de tensión admitida para todo el tramo de CC es del 1,5% y para el tramo de CA será del 2%.

Para la instalación proyectada la tensión nominal de servicio será trifásica a 400 V, siendo que el suministro eléctrico en Baja Tensión se realiza desde el Centro de Transformación más próximo que dispone la Compañía Eléctrica Suministradora, cuya relación de transformación es de 20000/400 V.

TABLA B.52-1 (UNE-HD 60364-5-52:2014) Métodos de instalación de referencia

Instalación de referencia	Tabla y columna				
	Intensidad admisible para los circuitos simples				
	Aislamiento PVC		Aislamiento XLPE o EPR		
	Número de conductores				
	2	3	2	3	
Conductores aislados en un conducto en una pared térmicamente aislante	A1	Tabla C.52-1 bis columna 4	Tabla C.52-1 bis columna 3	Tabla C.52-1 bis columna 7b	Tabla C.52-1 bis columna 6b
Cable multic conductor en un conducto en una pared térmicamente aislante	A2	Tabla C.52-1 bis columna 3	Tabla C.52-1 bis columna 2	Tabla C.52-1 bis columna 6b	Tabla C.52-1 bis columna 5b
Conductores aislados en un conducto sobre una pared de madera o mampostería	B1	Tabla C.52-1 bis columna 6a	Tabla C.52-1 bis columna 5a	Tabla C.52-1 bis columna 10b	Tabla C.52-1 bis columna 8b
Cable multic conductor en un conducto sobre una pared de madera o mampostería	B2	Tabla C.52-1 bis columna 5a	Tabla C.52-1 bis columna 4	Tabla C.52-1 bis columna 8b	Tabla C.52-1 bis columna 7b
Cables unipolares o multipolares sobre una pared de madera o mampostería	C	Tabla C.52-1 bis columna 8a	Tabla C.52-1 bis columna 6a	Tabla C.52-1 bis columna 11	Tabla C.52-1 bis columna 9b
Cable multic conductor en conductos enterrados	D1	Tabla C.52-2 bis columna 3	Tabla C.52-2 bis columna 4	Tabla C.52-2 bis columna 5	Tabla C.52-2 bis columna 6
Cables con cubierta unipolares o multipolares directamente en el suelo	D2	Tabla C.52-2 bis columna 3	Tabla C.52-2 bis columna 4	Tabla C.52-2 bis columna 5	Tabla C.52-2 bis columna 6
Cable multic conductor al aire libre	E	Tabla C.52-1 bis columna 9a	Tabla C.52-1 bis columna 7a	Tabla C.52-1 bis columna 12	Tabla C.52-1 bis columna 10b
Cables unipolares en contacto al aire libre	F	Tabla C.52-1 bis columna 10a	Tabla C.52-1 bis columna 8a	Tabla C.52-1 bis columna 13	Tabla C.52-1 bis columna 11
Cables unipolares espaciados al aire libre	G	Ver UNE-11D 60364-5-52			

XLPE: Polietileno reticulado (90°C) EPR: Etileno-propileno (90°C) PVC: Policloruro de vinilo (70°C)

$\rho = K_0 \cdot \rho_{20}$ Cobre: $\rho_{20} = 1/56 \text{ } \Omega \text{mm}^2/\text{m}$ Aluminio: $\rho_{20} = 1/35 \text{ } \Omega \text{mm}^2/\text{m}$

Para el cobre y el aluminio: $\theta = 70^\circ\text{C} \rightarrow K_0 = 1,20$; $\theta = 90^\circ\text{C} \rightarrow K_0 = 1,28$

POTENCIAS NORMALIZADAS DE TRANSFORMADORES (EN kVA):
5, 10, 15, 20, 30, 50, 75, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000

FACTORES DE MAYORACIÓN K_{G1} : 1,25 para motores y 1,8 para lámparas de descarga

TABLA C.52-1 bis (UNE-HD 60364-5-52:2014) Intensidades admisibles en amperios Temperatura ambiente 40 °C en el aire

Número de conductores cargados y tipos de aislamiento

Método de instalación de la tabla B.52-1	Número de conductores cargados y tipos de aislamiento																							
	PVC 3			PVC 2			XLPE 3			XLPE 2														
	1	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11	12	13					
A1																								
A2																								
B1																								
B2																								
C																								
E																								
F																								
G																								
Sección mm²																								
Cobre																								
1,5	11	11,5	12,5	13,5	14	14,5	15,5	16	16,5	17	17,5	18	19	20	20	20	21	23	—					
2,5	15	15,5	17	18	19	20	20	21	22	23	24	24	25	26	27	26	26	28	30	32				
4	20	20	22	24	25	25	28	29	30	31	32	34	36	36	38	40	44	—	—					
6	25	26	29	31	32	34	36	37	39	40	41	44	46	46	46	49	52	57	—					
10	33	36	40	43	45	46	49	52	54	54	57	60	63	65	68	72	78	—	—					
16	45	48	53	59	61	63	66	69	72	73	77	81	85	87	91	97	104	—	—					
25	59	63	69	77	80	82	86	87	91	95	100	103	108	110	115	122	135	146	—					
35	—	—	—	95	100	101	106	109	114	119	124	127	133	137	143	153	169	182	—					
50	—	—	—	116	121	122	128	133	139	145	151	155	162	167	174	188	204	220	—					
70	—	—	—	148	155	155	162	170	178	185	193	199	208	214	223	243	262	282	—					
95	—	—	—	180	188	187	196	207	210	224	234	241	252	258	271	298	320	343	—					
120	—	—	—	207	217	216	226	240	251	260	272	280	293	301	314	350	373	397	—					
150	—	—	—	—	—	—	247	256	276	286	299	313	322	337	343	369	401	430	458					
185	—	—	—	—	—	—	281	294	314	329	341	356	369	385	391	409	460	493	523					
240	—	—	—	—	—	—	330	345	368	385	401	419	435	455	468	489	545	583	617					
Aluminio																								
2,5	11,5	12	13	14	15	16	16,5	17	17,5	18	19	20	20	20	21	23	25	—	—					
4	15	16	17	19	20	21	22	22	23	24	25	26	28	27	29	31	34	—	—					
6	20	20	22	24	25	27	29	28	30	31	32	33	35	36	38	40	44	—	—					
10	26	27	31	33	35	38	40	41	42	44	46	46	49	50	52	56	60	—	—					
16	35	37	41	46	48	50	52	53	55	57	60	63	66	68	70	76	82	—	—					
25	46	49	54	60	63	65	68	69	70	72	75	76	81	84	88	91	96	110	—					
35	—	—	—	74	78	79	81	83	87	89	93	97	101	104	109	114	122	136	—					
50	—	—	—	90	94	95	100	101	106	108	113	118	123	127	132	140	149	167	—					
70	—	—	—	115	121	121	127	130	136	139	145	151	158	162	170	180	192	215	—					
95	—	—	—	140	148	147	154	159	166	169	177	183	192	197	206	219	233	262	—					
120	—	—	—	161	169	171	178	184	192	196	205	213	222	228	239	254	273	306	—					
150	—	—	—	—	—	—	196	205	213	222	227	237	246	257	264	276	294	314	353					
185	—	—	—	—	—	—	222	232	243	254	259	271	281	293	301	315	337	361	406					
240	—	—	—	—	—	—	261	273	287	300	306	320	332	347	355	372	399	427	482					
Aislamientos termoestables (90°C)																	Aislamientos termoplásticos (70°C)							
XLPE: Polietileno reticulado																	EPR: Etileno-propileno				PVC: Policloruro de vinilo			

Figura 57: Tabla B.52-1 y C.52-1

Cálculo de la sección de acuerdo con la siguiente fórmula:

- Corriente continua $S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\gamma \cdot e}$
- Corriente alterna monofásica $S = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot \Delta U}$
- Corriente alterna Trifásica $S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot \Delta U}$

Donde:

- **L**: longitud de la línea
- **I**: intensidad
- **cosφ**: factor de potencia
- **γ**: conductividad del aluminio (a 90°C=27.8m/Ωmm²) o conductividad del cobre (a 90°C=45,49m/Ωmm²)
- **e**: caída de tensión máxima DC
- **ΔU**: caída de tensión máxima AC

Continua

- Cableado de strings MPPT:

a) Cálculo mediante el criterio de caída de tensión (para el caso más desfavorable)

$$L = 51m$$

$$I = 14,34$$

$$e = (1,5/100) \cdot 404,2 = 6,07$$

$$S = \frac{2 \cdot 51 \cdot 14,34}{45,49 \cdot 6,07} = 5,29 \text{ mm}^2$$

b) Cálculo mediante el criterio de intensidad admisible

La intensidad máxima que en régimen permanente va a circular por el cable va a ser 14,34 A, valor que debe ser incrementado en un 25 % según nos indica el punto 5 de la ITC-BT 40 (Instalaciones generadoras de BT) del RBT.

Como la línea recibe la acción solar directa por estar a la intemperie y además la temperatura ambiente es de 40 °C, para el que están calculadas las intensidades de la tabla A.52-1 bis de instalaciones al aire de la UNE 20460-5-523 (2004), debemos aplicar también coeficientes de corrección por estos motivos.

Trabajo Final de Máster

Aplicando coeficientes obtenemos: $I' = \frac{1,25 \cdot 14,34}{0,77 \cdot 0,50} = 46,56A$

- Con la Opción E (*Cable multiconductor al aire libre*) se obtiene una sección de **6 mm²** de cobre con recubrimiento de polietileno reticulado **XLPE**. El cableado que se va a emplear es de cobre de 6 mm² flexible, que se utilizará para la conexión desde los conectores de los paneles fotovoltaicos hasta los inversores.

Tabla B.52.15 – Factores de corrección para temperaturas ambiente del terreno diferentes de 20 °C a aplicar a los valores de las corrientes admisibles para cables en conductos en el suelo

Temperatura del terreno °C	Aislamiento	
	PVC	XLPE y EPR
10	1,10	1,07
15	1,05	1,04
20	1,00	1,00
25	0,95	0,96
30	0,89	0,93
35	0,84	0,89
40	0,77	0,85
45	0,71	0,80
50	0,63	0,76
55	0,55	0,71
60	0,45	0,65
65	–	0,60
70	–	0,53
75	–	0,46
80	–	0,38

Figura 58: Tabla B.52.15

Tabla C.52.3 – Factores de reducción para grupos de varios circuitos o de varios cables multipolares (a utilizar con los valores de corrientes admisibles de la tabla C.52.1)

Punto	Disposición	Número de circuitos o de cables multipolares								
		1	2	3	4	6	9	12	16	20
1	Agrupados en el aire, en una superficie, empotrados o en el interior de una envolvente	1,00	0,80	0,70	0,65	0,55	0,50	0,45	0,40	0,40
2	Capa única sobre muros, suelos o bandejas no perforadas	1,00	0,85	0,80	0,75	0,70	0,70	–	–	–
3	Capa única fijada directamente al techo	0,95	0,80	0,70	0,70	0,65	0,60	–	–	–
4	Capa única sobre bandejas perforadas horizontales o verticales	1,00	0,90	0,80	0,75	0,70	–	–	–	–
5	Capa única sobre bandeja de escalera, soportes o bridas de amarre, etc.	1,00	0,85	0,80	0,80	0,80	–	–	–	–

Figura 59: Tabla C.52.3

Método de instalación	Tamaño mm ²	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento			
		2 PVC		2 XLPE	
		2 PVC	2 XLPE	2 XLPE	2 XLPE
ANEXO C	Cobre				
	1,5	22	18	26	22
	2,5	29	24	34	29
	4	38	31	44	37
	6	47	39	56	46
	10	62	52	73	61
	16	81	67	95	79
	25	104	86	121	101
	35	125	103	146	122
	50	149	122	173	144
	70	183	151	213	178
	95	216	179	252	211
	120	248	203	287	240
	150	278	230	324	271
	185	312	258	363	304
240	361	297	419	351	
300	408	336	474	398	
ANEXO C	Aislante				
	2,5	22	18,5	26	22
	4	29	24	34	29
	6	36	30	42	36
	10	48	40	56	47
	16	62	52	73	61
	25	80	66	93	78
	35	96	80	112	94
	50	113	94	132	112
	70	140	117	163	138
	95	166	138	193	164
	120	186	157	220	186
	150	213	178	249	210
	185	240	200	279	238
	240	277	230	322	272
300	313	260	364	308	

Figura 60: Tabla C.52.2

- Alterna**• Cableado de Inversor más alejado a Cuadro CA**

a) Cálculo mediante el criterio de caída de tensión:

$$S = \frac{L \cdot P}{C \cdot \Delta V \cdot V}$$

Dónde:

- ΔV = caída de tensión (6 V)
- P = potencia (100.000 W)
- L = longitud (30 m)
- V = Voltaje de la línea (400V)
- ρ = Conductividad del material del conductor (para cobre, aproximadamente 48,47 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$)
- S = sección del cable en mm^2

Reorganizando y sustituyendo para calcular la sección

$$S = \frac{30 \cdot 100.000}{48.47 \cdot 6 \cdot 400} = 25.80 \text{ mm}^2$$

Dado que la sección mínima calculada es de aproximadamente **25.80 mm^2** , y teniendo en cuenta que es común utilizar secciones estándar, lo más recomendable es usar un cable de **35 mm^2** de cobre.

b) Cálculo mediante el criterio de intensidad admisible:

La intensidad máxima que en régimen permanente va a circular por el cable va a ser 160,40 A, valor que debe ser incrementado en un 25 % según nos indica el punto 5 de la ITC-BT 40 (Instalaciones generadoras de BT) del RBT.

En este caso la línea no recibe la acción solar directa por estar a la intemperie. Tampoco es necesario aplicar el factor corrector de corrección ya que circula una terna por tubo.

Aplicando coeficientes obtenemos: $I' = 1,25 \cdot 160,40 = 200,5 \text{ A}$

Según la tabla de intensidades admisibles (*Tipología BI*), para esta intensidad calculada tenemos una **sección de 120 mm^2 en Aluminio y recubrimiento de XLPE para sistema trifásico** para conductores aislados en una pared de mampostería. El cableado que se va

a emplear es de Aluminio de 120 mm² flexible, que se utilizará para la conexión entre los inversores y el Cuadro de BT del edificio.

6.2.2 Instalaciones receptoras

Por ser la presente, una instalación de producción de energía eléctrica para autoconsumo, la instalación receptora será la instalación eléctrica interior existente en el interior del edificio.

6.2.3 Puesta a tierra

El electrodo de puesta a tierra será el de “puesta a tierra general del edificio” que, en caso necesario se ampliará hasta obtener el valor adecuado. Esta ampliación podrá realizarse colocando en derivación con el electrodo de puesta a tierra general, barras de acero de cobre de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro, hincadas verticalmente en el terreno con golpes cortos y no muy fuertes que se garantice una penetración sin roturas. La separación entre las barras, en caso de que hubiera que colocar más de una, será de 4 m. como mínimo. Las barras se unirán entre sí por medio de conductor de cobre desnudo de 35 mm² de sección. La línea de enlace con tierra estará formada por conductor de cobre desnudo de 35 mm² de sección.

6.2.4 Equipos de conexión de energía reactiva

El único equipo del sistema susceptible de requerir energía reactiva es el inversor, cuyo fabricante asegura un factor de potencia superior al 0,98. Por tanto, no procede instalar equipos de compensación de factor de potencia.

Para la instalación proyectada la tensión nominal de servicio será trifásica a 400 V, siendo que el suministro eléctrico en Baja Tensión se realiza desde el Centro de Transformación más próximo que dispone la Compañía Eléctrica Suministradora, cuya relación de transformación es de 20000/400 V.

6.2.5 Materiales a emplear

A continuación, se detallan las principales características de los materiales a utilizar en la instalación estudiada.

Conductor aislado **H1Z2Z2-K -1x6 mm²** en cobre

Tabla 10: Características cable de cobre de 6mm²

CONSTRUCCIÓN	
Conductor	Cobre electrolítico estañado, clase 5 (flexible) según UNE-EN 60228 e IEC 60228
Aislamiento	Compuesto HFFR reticulado y estabilizado UV EN 50363-5 EI5 type
Cubierta exterior	Compuesto HFFR reticulado y estabilizado UV EN 50363-5 EI5 type
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	
Tensión de servicio	AC 1/1kV - DC 1,5/1,5 kV
Máxima tensión admisible	DC 1,8 kV
Tensión de ensayo	6.500V AC - 15.000V DC
Tensión de servicio en puesta a tierra	DC 1 kV
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
Temperatura máxima del ambiente	desde - 40 °C a + 90 °C
Temperatura máxima de servicio en el conductor	desde -40°C a 120 °C
Radio de curvatura	15 x diámetro exterior (instalación flexible)
Resistencia de aislamiento	>200 Mohm x cm
No propagador de la llama	IEC 60332-1-2 / EN60332-1-2
Resistente a los rayos	EN 50618 y TÜV 2Pfg 1169-08
Resistente al ozono	EN 50396; 8.1.3

Bandeja portacables

Trabajo Final de Máster

Para el tendido de circuitos de cables de CC de generación sobre la cubierta y hasta el inversor solar por el lateral de la pared del edificio, se utilizará una bandeja portacables. El modelo especificado es:

Bandeja aislante UNEX, modelos U23X 60X100 o similar, de 10 cm de ancho con tapa.

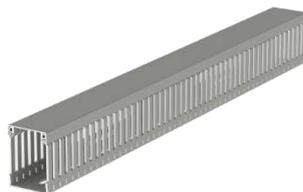


Figura 61: Bandeja portacables

Para el recorrido de circuitos de cables de CC, en la parte donde se encuentran los paneles solares se empleará una bandeja metálica de rejilla.

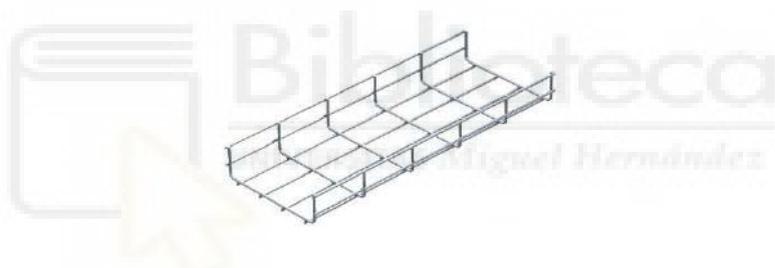


Figura 62: Bandeja metálica de rejilla

Para el recorrido de circuitos de cables de CC de generación sobre la cubierta, por donde exista riesgo de cruces de personas, se empleará un pasacables, en cuyo interior irán alojados los cables, similar al de la siguiente figura:



Figura 63: Pasacables

Este pasacables de alta resistencia está fabricado en caucho y polipropileno, y presenta un diseño en colores negro y amarillo. Es un elemento recto y rígido que facilita la

organización y protección de cables. Cuenta con un asa de transporte para un fácil manejo y una cubierta amarilla extraíble, permitiendo un acceso sencillo a los cables. La tapa puede bloquearse para mayor seguridad, y ofrece opciones de montaje en el suelo, ya sea en hormigón, asfalto o mediante el uso de cola.

6.2.6 Cálculos corriente alterna

Materiales a emplear

Se detallan a continuación las principales características de los materiales a utilizar en la instalación que nos ocupa.

Conductor aislado **RZ1(AS)AL 1x120mm²** en aluminio

Tabla 11: Características cableado aluminio 120 mm²

DESCRIPCIÓN	
Denominación Técnica	RZ1 AI (AS)
Norma constructiva y de ensayos	UNE 21123-4
Conductor	Al Clase 2I
Aislamiento	Polietileno reticulado (XLPE)
Cubierta	Poliolefina
Color de cubierta	Verde
Temperatura máxima del conductor	90° C
No propagador del incendio	UNE-EN 60332-3-24 I
No propagador de la llama	UNE-EN 60332-1-2
Libre de halógenos	UNE-EN 50267-2-1
Baja emisión de humos opacos	UNE-EN 61034-2
Baja corrosividad	UNE-EN 50267-2-2

Canalizaciones

Tabla 2. Diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir.

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

Las canalizaciones serán conformes a lo establecido en la norma ITC-BT-21. El tubo, discurrirá desde el inversor hasta el cuadro de BT del edificio. Irán las tres fases y el neutro, serán cables RZ1(AS)AL 0,6/1KV 1x120mm² de sección y el diámetro mínimo de los tubos será de 75 mm según la ITC-BT-21. Los tubos previstos para las canalizaciones de B.T. cumplirán con UNE-EN 50.086-2.

6.2.7 Distancia mínima entre filas de módulos

La distancia horizontal d entre filas de módulos que puedan proyectar sombras sobre la instalación debe asegurar al menos 4 horas de sol alrededor del mediodía durante el solsticio de invierno. La separación mínima entre la parte posterior de una fila de módulos y el inicio de la siguiente debe ser, como mínimo, la distancia calculada con la fórmula mencionada, aplicando la diferencia de alturas entre la parte superior de una fila y la parte inferior de la siguiente. Todas las mediciones deben realizarse de acuerdo con el plano que muestra las bases de los módulos.

$$d=(h/\tan(B))$$

- d la distancia horizontal entre las filas de los módulos solares.
- h es la altura de la fila de módulos en relación con la fila adyacente (es decir, la diferencia de altura entre la parte superior del módulo y la base del siguiente). Para la instalación 1,30 m para las de 1 panel de altura y 2,60 para la de doble panel.
- B es el ángulo de elevación solar al mediodía durante el solsticio de invierno. Se toman 30°.

$$d=(1,30/\tan(30))=2,25m$$

$$d=(2,60/\tan(30))=4,50m$$

6.2.8 Distribución de los módulos

Utilizando los datos técnicos de los módulos y del inversor, se puede calcular tanto el número máximo como el mínimo de módulos fotovoltaicos que se pueden conectar en serie. La tensión de operación de cada rama debe estar dentro del rango de tensiones de entrada en corriente continua del inversor.

Número máximo de módulos en serie (N_s -max): Se estima aproximadamente a partir de la tensión máxima de entrada DC del inversor ($V_{DC_inv_max}$) y la tensión máxima que puede generar el módulo (tensión en circuito abierto, V_{OC_STC}).

Número mínimo de módulos en serie (N_s -min): Se calcula aproximadamente con base en la tensión mínima de entrada DC del inversor ($V_{DC_inv_min}$) y la tensión máxima que el módulo produce en el punto de máxima potencia (V_{PMP_STC}).

La distribución de los módulos está detallada en el plano correspondiente.

6.2.9 Simulación de la instalación fotovoltaica

Tabla 12: Simulación PVgis

RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN	
Ángulo de inclinación	35 (opt) °
Ángulo de azimut	-5 (opt) °
Producción anual FV	323102.57 kWh
Irradiación anual	2103.76 kWh/m ²
Variación interanual	9908.17 kWh
Cambios en la producción debido a:	
Ángulo de incidencia	-2.52 %
Efectos espectrales	0.51 %
Temperatura y baja irradiancia	-12.7 %
Pérdidas totales	-26.44 %

6.2.10 Energía fv y radiación solar mensual

Tabla 13: Energía FV y Radiación solar mensual

Mes	E_m	H(i)_m	SD_m
Enero	22860.4	138.6	2798.4
Febrero	23197.6	142.6	2787.5
Marzo	28300.7	178.7	2589.3
Abril	28598.0	185.1	2175.0
Mayo	30808.4	204.2	2505.7
Junio	30773.2	209.5	993.5
Julio	32219.0	223.0	788.5
Agosto	31029.5	213.4	1181.4
Septiembre	27306.4	182.9	1945.0
Octubre	25795.1	167.2	2541.7
Noviembre	21653.5	134.1	2637.5
Diciembre	20560.6	124.7	1878.5

- **E_m**: Producción eléctrica media mensual del sistema definido [kWh].
- **H(i)_m**: Suma media mensual de la irradiación global recibida por metro cuadrado por los módulos del sistema dado [kWh/m²].
- **SD_m**: Desviación estándar de la producción eléctrica mensual debida a la variación interanual [kWh].

Cieza, a 23 de septiembre de 2.024

El Ingeniero Industrial,



Plácido Sánchez Ballesteros

Ingeniero Industrial

Colegiado nº 7.051

6.3 Pliego de condiciones

6.3.1 Condiciones generales

6.3.1.1 Disposiciones vigentes

Todas las obras realizadas en el marco de este proyecto deberán ajustarse a la legislación vigente, concretamente a la mencionada en el apartado 1.4 de la Memoria.

6.3.1.2 Ámbito de aplicación

Este Pliego de Condiciones será aplicable para el suministro e instalación de todos los componentes o unidades de obra requeridas para llevar a cabo la instalación descrita en el presente proyecto.

6.3.1.3 Variación de las condiciones

Estas condiciones se aplicarán a todas las obras mencionadas en el apartado anterior. Se presume que el Contratista está familiarizado con las normas generales de la legislación vigente y con las específicas de este Pliego de Condiciones. No se aceptarán modificaciones al Pliego, excepto aquellas que pueda introducir la Dirección de Obra.

6.3.1.4 Ensayos y pruebas

Todos los materiales podrán ser sometidos a las pruebas y ensayos que indique la Dirección de Obra. Si los resultados de estas pruebas no cumplen con las calidades acordadas, se aplicará una reducción proporcional en sus precios. Además, si la Dirección de Obra considera que la calidad de la obra no está garantizada, se aplicará lo establecido en el segundo párrafo del artículo 3.4.4 de este Pliego de Condiciones.

6.3.1.5 Obligaciones generales

El contratista deberá cumplir con todas las disposiciones vigentes relacionadas con cuestiones sociales y la protección de la industria nacional.

Además, deberá seguir las normas y reglamentos de Seguridad e Higiene en el Trabajo, así como las Instrucciones de Seguridad que le proporcione la Dirección de Obra.

6.3.1.6 Ocupación de vía pública

El Ayuntamiento permitirá el uso de la vía pública en los tramos necesarios para la colocación de materiales y la realización de las operaciones, con el fin de facilitar la mayor rapidez y eficiencia en el proceso.

6.3.2 Obras que comprende el presente proyecto

Las instalaciones incluidas en el presente proyecto de ejecución son las siguientes:

Todos los transportes requeridos, tanto para el suministro de materiales como para el traslado de materiales sobrantes a un vertedero autorizado o a un lugar adecuado según lo determine la Dirección de Obra.

El suministro de todo el material necesario para llevar a cabo las obras.

6.3.3 Ejecución de las obras

6.3.3.1 Programa de trabajo

Dentro de los 10 días siguientes a la adjudicación definitiva de las obras, el Contratista deberá presentar al director de obra un programa detallado de los trabajos a realizar.

El Contratista debe someter a la aprobación del director de obra un plan de trabajo que especifique los plazos parciales, las fechas de finalización de las diferentes etapas y la fecha final estimada para la conclusión de las obras. Una vez aprobado por la Dirección de la Obra, este plan se incorporará al Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares y tendrá carácter contractual, con los plazos parciales siendo obligatorios con la misma relevancia que el plazo final.

Asimismo, el Contratista debe presentar una lista de los equipos manuales y mecánicos, así como de los materiales que se compromete a utilizar en la obra. Estos recursos deberán permanecer asignados al proyecto y no podrán ser retirados sin la debida autorización del director de obra.

El director de obras deberá aprobar los equipos y maquinarias a utilizar en el proyecto, manteniendo acceso libre a todos los elementos asignados a la obra.

La aceptación del plan y la provisión de los recursos no exime al Contratista de la responsabilidad en caso de incumplimiento de los plazos totales y parciales acordados.

6.3.3.2 Maquinaria y medios auxiliares

Antes de iniciar las obras, el Contratista deberá proporcionar un listado de la maquinaria y equipos auxiliares que utilizará para llevar a cabo el proyecto. Estos equipos solo podrán ser retirados con la autorización de la Dirección de Obra.

El coste de los equipos se considera incluido en los precios unitarios establecidos, por lo que no se aceptarán reclamaciones adicionales al respecto. Este coste también abarca la

señalización y protección de las obras durante la ejecución, de acuerdo con lo estipulado en el Estudio de Seguridad y Salud o en el Estudio Básico de Seguridad y Salud.

El personal que trabaje en las obras deberá estar registrado en la Seguridad Social, al corriente de sus contribuciones sociales y contar con un contrato, ya sea definitivo o temporal, con el Contratista.

No se permitirá la subcontratación a menos que se comunique previamente y por escrito a la Dirección de Obra y a la Propiedad, justificando dicha decisión. El personal de los subcontratistas también debe estar legalmente contratado y al día con sus contribuciones sociales, conforme al Real Decreto 1109/2007, de 24 de agosto, que desarrolla la Ley 32/2006 sobre subcontratación en el sector de la construcción.

6.3.3.3 Replanteo

El Contratista realizará el replanteo general en el terreno, estableciendo las alineaciones necesarias con los puntos indicados, bajo la supervisión del director de obra, para que, utilizando los planos, pueda llevar a cabo las obras.

El director de obra aprobará los datos específicos para el replanteo detallado de los trabajos y proporcionará al Contratista toda la información necesaria para su correcta ejecución.

El Contratista deberá asumir todos los costes de los materiales, equipos y mano de obra necesarios para realizar los replanteos, así como para definir los puntos de referencia y control requeridos.

Dentro de los quince días hábiles posteriores a la adjudicación definitiva, se verificará el replanteo de las obras en presencia del adjudicatario, y se redactará el Acta de Comprobación de Replanteo. Esta acta reflejará la conformidad o discrepancia con respecto a los puntos establecidos en el contrato y a los documentos contractuales.

Si existen discrepancias con los documentos contractuales, el Acta de Replanteo deberá ir acompañada de un nuevo presupuesto valorado según los precios del contrato.

Todas las referencias, puntos específicos y cotas serán detallados en un anexo al Acta de Comprobación del Replanteo; una copia de este anexo se adjuntará a los documentos entregados al Contratista.

El Contratista será responsable de mantener la integridad de los puntos de replanteo, marcándolos con estacas, mojones de hormigón u otras protecciones adecuadas.

6.3.3.4 Normas generales y documentos

El Contratista está obligado a realizar todas las obras con el máximo cuidado y a cumplir rigurosamente con todas las condiciones estipuladas, así como con cualquier orden, ya sea verbal o escrita, que le sea dada por la Dirección de Obra. Debe entregar todas las obras completamente finalizadas, según este compromiso.

Si el director de obra considera que alguna parte de la obra no ha sido ejecutada correctamente, el Contratista deberá demolerla y volver a realizarla tantas veces como sea necesario hasta que quede conforme a los requisitos del director. Estas tareas adicionales no darán derecho al Contratista a reclamar indemnización alguna, incluso si los defectos se descubren después de la recepción provisional de la obra.

El director de obra puede designar asistentes a quienes el contratista deberá obedecer, manteniéndose la posibilidad de apelar a la Dirección si es necesario.

Las interacciones entre el director de obra y el contratista se registrarán en el Libro de Órdenes y Asistencias.

El Contratista debe solicitar las órdenes que requiera con al menos 6 días de antelación y los planos necesarios con 15 días de antelación, para evitar justificar retrasos en el cumplimiento de las órdenes por falta de tiempo.

Durante la ejecución de los trabajos y hasta la recepción provisional, el Contratista deberá proteger a su costa las obras realizadas contra cualquier daño causado por la intemperie u otras causas.

6.3.3.5 Responsabilidades del contratista

El Contratista asume la completa responsabilidad por la ejecución de las obras contratadas, sin derecho a recibir indemnización por cualquier aumento en el coste o por errores cometidos durante la construcción. Todos estos costos corren a su cargo, sin perjuicio de la supervisión del Director de Obra.

Además, el Contratista será responsable ante los tribunales por cualquier accidente que pueda ocurrir, cumpliendo con las leyes aplicables en la materia.

El Contratista deberá contratar las garantías por daños materiales según lo dispuesto en el Artículo 19 de la Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación.

También deberá contar con una póliza de responsabilidad civil que cubra daños a terceros, incluyendo a sus trabajadores y subcontratistas, por un importe de 500.000 €.

6.3.3.6 Obligaciones del contratista no especificadas en este pliego

Cualquier duda que surja respecto a las condiciones establecidas en este Proyecto será resuelta por el Director de Obra. De igual manera, la interpretación de los planos, descripciones y detalles implicará que el Contratista acepta las decisiones tomadas por dicho Director.

6.3.3.7 Documentos que se entregan al contratista

Los documentos contractuales que el Contratista debe tener son:

- Planos.
- Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.
- Cuadro de Precios N° 1, o mediciones y presupuesto.
- Cuadro de Precios N° 2, o mediciones y presupuesto.

Los documentos informativos que proporcionan una opinión fundamentada del proyectista están incluidos en la Memoria (y Anejos). Estos documentos no tienen carácter contractual.

Cualquier contradicción, omisión o error detectado en los documentos, ya sea por parte del Ingeniero Director o del Contratista, debe ser registrado en el Acta de Comprobación del Replanteo.

6.3.3.8 Desperfectos en propiedades colindantes

Si el Contratista ocasiona daños en propiedades vecinas, deberá repararlos a su cargo, devolviéndolos a su estado original antes del inicio de las obras.

6.3.3.9 Libro de órdenes y asistencias

El Contratista dispondrá de un libro de órdenes y asistencias en las oficinas de la Dirección, donde el Director de Obra registrará cualquier instrucción que considere necesaria para el Contratista, además de emitirlas formalmente si lo estima oportuno. El Contratista deberá firmar el libro como confirmación de haber recibido las órdenes, anotando la hora en que lo hace.

El Contratista está obligado a cumplir todas estas órdenes con el mismo rigor con el que debe seguir lo estipulado en el presente Pliego de Condiciones.

6.3.4 Control de la ejecución

El control de la ejecución tiene como objetivo verificar que los procesos llevados a cabo durante la instalación se organizan y desarrollan de manera que la Dirección Facultativa pueda confirmar su conformidad con lo especificado en el proyecto.

El Contratista deberá elaborar un Plan de obra y un procedimiento de autocontrol de la ejecución. Este procedimiento debe incluir las características específicas del proyecto, como medios, procesos y actividades, y debe permitir un seguimiento que facilite a la Dirección Facultativa la verificación del cumplimiento de las especificaciones del proyecto.

Los resultados de todas las comprobaciones realizadas se documentarán en los registros de autocontrol del Contratista. Además, deberá gestionar los acopios de forma que se mantenga y justifique la trazabilidad de las partidas y remesas recibidas en la obra, conforme al nivel de control establecido en el proyecto y descrito en las secciones siguientes del Pliego.

La Dirección Facultativa podrá dispensar de inspecciones externas aquellos procesos de construcción que cuenten con un distintivo de calidad oficialmente reconocido.

6.3.5 Condiciones de los materiales

6.3.5.1 Conductores eléctricos

Los conductores empleados deberán cumplir con las especificaciones establecidas en el proyecto.

MATERIALES

Los conductores serán del siguiente tipo:

- **Tensión nominal:** 450/750 V.
- **Prueba de tensión:** 2.500 V.
- **Instalación:** bajo tubo, al aire o en bandeja.
- **Normativa de aplicación:** UNE 21.031.
- **Tensión nominal:** 0,6/1 kV.
- **Material del conductor:** cobre (o aluminio, si las especificaciones del proyecto lo requieren).
- **Configuración:** unipolares, bipolares, tripolares o tetrapolares.

- **Aislamiento:** policloruro de vinilo (PVC) o polietileno reticulado (XLPE).

Los conductores de cobre electrolítico deberán ser de alta calidad y con una resistencia mecánica uniforme, y su coeficiente de resistividad a 20°C deberá estar entre el 98 % y el 100 %. Estos conductores estarán recubiertos con una capa de estaño que debe soportar una prueba específica: se tomará una muestra limpia y seca del hilo estañado, se formará un círculo con un diámetro equivalente a 20 o 30 veces el diámetro del hilo, y se sumergirá en una solución de ácido clorhídrico con una densidad de 1,088 a 20°C durante un minuto. Esta prueba se repetirá dos veces, tras lo cual el hilo no debe mostrar manchas negras. La capacidad mínima del aislamiento de los conductores será de 500 V.

Los conductores con una sección igual o mayor a 6 mm² deberán estar compuestos por cables formados por trenzado de hilos de cobre del diámetro correspondiente a la sección del conductor.

DIMENSIONADO.

Para seleccionar los conductores adecuados para cada carga, se debe considerar el criterio más desfavorable entre los siguientes:

Intensidad máxima admisible: Esta será la intensidad propia de cada carga. Se debe elegir la sección del cable que soporte esta intensidad, siguiendo las prescripciones del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión ITC-BT-19 o las recomendaciones del fabricante. Además, se deberán aplicar coeficientes correctores apropiados según las condiciones específicas de la instalación. Para los coeficientes de aumento de carga, se deben considerar las Instrucciones ITC-BT-44 para receptores de alumbrado y ITC-BT-47 para motores.

Caída de tensión en servicio: La sección de los conductores se elegirá de modo que la caída de tensión entre el punto de origen de la instalación y cualquier punto de utilización sea menor al 3 % de la tensión nominal en el origen para alumbrado, y al 5 % para otros usos, considerando que todos los receptores pueden funcionar simultáneamente. Para la derivación individual, la caída de tensión máxima permitida será del 1,5 %. La caída de tensión total puede ser ajustada sumando las caídas en la instalación interior y en la derivación individual, siempre que el total sea inferior a la suma de los valores límite especificados para ambas.

La sección del conductor neutro será la indicada en la Instrucción ITC-BT-07, apartado 1, de acuerdo con la sección de los conductores de fase o polares de la instalación.

6.3.5.2 Conductores de protección

Los conductores de protección deberán ser del mismo tipo que los conductores activos descritos anteriormente y tendrán una sección mínima igual a la establecida en la tabla 2 de la ITC-BT-19, en función de la sección de los conductores de fase o polares de la instalación.

6.3.5.3 Identificación de conductores

Las canalizaciones eléctricas se diseñarán de manera que sus circuitos y componentes sean claramente identificables, facilitando así la realización de reparaciones y modificaciones en cualquier momento.

Los conductores de la instalación deben ser fácilmente reconocibles, especialmente el conductor neutro y el conductor de protección. Esta identificación se logrará mediante los colores de sus aislamientos. Los conductores neutros se marcarán con color azul claro, mientras que los conductores de protección tendrán un aislamiento verde-amarillo. Los conductores de fase, o aquellos que no se prevé que cambien a neutro, se identificarán con colores marrón, negro o gris.

6.3.5.4 Tubos protectores

Los conductores se instalarán dentro de tubos que se fijarán directamente a las paredes, se enterrarán, se integrarán en estructuras o se colocarán en huecos de construcción, según lo especificado en la Memoria y los Planos del Proyecto.

CONDUCTORES AISLADOS EN TUBOS PROTECTORES

Los tubos protectores pueden ser:

- Metálicos.
- No metálicos.
- Compuestos (fabricados con materiales tanto metálicos como no metálicos).

Estos tubos se clasifican según las siguientes normas:

- UNE-EN 50.086-2-1: Sistemas de tubos rígidos.
- UNE-EN 50.086-2-2: Sistemas de tubos curvables.
- UNE-EN 50.086-2-3: Sistemas de tubos flexibles.

- UNE-EN 50.086-2-4: Sistemas de tubos enterrados.

La protección en las uniones entre los tubos y sus accesorios debe cumplir al menos con los estándares declarados para el sistema de tubos.

La superficie interior de los tubos debe estar libre de aristas, asperezas o fisuras que puedan dañar los conductores o cables aislados, o que representen un riesgo para los instaladores o usuarios.

Las dimensiones de los tubos no enterrados con uniones roscadas en instalaciones eléctricas deben cumplir con las especificaciones de la norma UNE-EN 60.423. Para los tubos enterrados, las dimensiones deben ajustarse a lo indicado en la norma UNE-EN 50.086-2-4. Los tubos restantes se ajustarán a las dimensiones establecidas en las normas mencionadas anteriormente. La designación de los tubos se basa en el diámetro exterior, mientras que el diámetro interior mínimo debe ser especificado por el fabricante.

En cuanto a la resistencia al fuego, los tubos deben cumplir con las normativas establecidas por la Directiva de Productos de la Construcción (89/106/CEE) para cada tipo de tubo.

Tubos en canalizaciones superficiales:

Para las canalizaciones en superficie, se recomienda utilizar tubos rígidos, aunque en casos especiales se pueden usar tubos curvables. Las características mínimas de estos tubos se definen en la ITC-BT-21.

Tubos en canalizaciones empotradas:

En canalizaciones empotradas, los tubos protectores pueden ser rígidos, curvables o flexibles, siempre cumpliendo con las características mínimas establecidas en la ITC-BT-21.

Tubos en canalizaciones aéreas:

En canalizaciones aéreas, destinados a la alimentación de máquinas o equipos con movilidad restringida, los tubos deben ser flexibles, y las características mínimas para instalaciones ordinarias están especificadas en la ITC-BT-21. Se recomienda evitar este tipo de instalación para conductores con secciones nominales superiores a 16 mm².

Tubos en canalizaciones enterradas:

Para los tubos enterrados, las características mínimas deben seguir lo establecido en la ITC-BT-21.

Instalación:

Los cables empleados deben tener una tensión asignada de al menos 450/750 V.

El diámetro exterior mínimo de los tubos, que depende del número y la sección de los conductores, se determinará a partir de las tablas de la ITC-BT-21, junto con las características mínimas correspondientes al tipo de instalación.

Prescripciones generales para canalizaciones bajo tubos protectores:

- El trazado de las canalizaciones debe seguir líneas verticales, horizontales o paralelas a las aristas de las paredes del local donde se realiza la instalación.
- Los tubos se unirán mediante accesorios apropiados a su tipo para asegurar la continuidad de la protección de los conductores.
- Los tubos aislantes rígidos que se curvan en caliente pueden ser ensamblados de esta manera, y los empalmes deben ser cubiertos con una cola especial si se requiere una unión estanca.
- Las curvas realizadas en los tubos deben ser suaves y no deben causar reducciones inaceptables en la sección. Los radios mínimos de curvatura para cada tipo de tubo estarán especificados por el fabricante, de acuerdo con UNE-EN.
- Se debe permitir una fácil inserción y extracción de los conductores dentro de los tubos una vez que estén colocados y fijados con sus accesorios. Para facilitar esto, se deben colocar registros adecuados, que no deben estar separados más de 15 metros en tramos rectos. Además, el número de curvas angulares entre dos registros consecutivos no debe exceder de 3. Los conductores generalmente se alojarán en los tubos después de su instalación.
- Los registros pueden usarse exclusivamente para facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos o también para servir como cajas de empalme o derivación.
- Las conexiones de los conductores se realizarán dentro de cajas adecuadas, hechas de material aislante y no inflamable. Si las cajas son metálicas, deben estar protegidas contra la corrosión. Las dimensiones de las cajas deben ser lo suficientemente grandes para albergar todos los conductores de manera cómoda. La profundidad de las cajas debe ser al menos igual al diámetro del tubo mayor

más un 50 % adicional, con un mínimo de 40 mm. El diámetro o lado interior mínimo debe ser de 60 mm. Si se requiere que las entradas de los tubos en las cajas sean estancas, se deben utilizar prensaestopas o racores adecuados.

- En los tubos metálicos sin aislamiento interior, se debe considerar la posibilidad de condensación de agua en su interior. Por lo tanto, se debe elegir el trazado de la instalación de manera que permita la evacuación del agua y se establezca una ventilación adecuada en el interior de los tubos, por ejemplo, usando una "T" con uno de los brazos no utilizado.
- Los tubos metálicos accesibles deben estar conectados a tierra, y su continuidad eléctrica debe estar garantizada. Para los tubos metálicos flexibles, la distancia entre dos puntos de puesta a tierra consecutivos no debe superar los 10 metros.
- Los tubos metálicos no deben utilizarse como conductores de protección o neutros.

Para la instalación superficial de los tubos, se deben seguir además estas prescripciones:

- Los tubos se fijarán a las paredes o techos con bridas o abrazaderas que estén protegidas contra la corrosión y firmemente sujetas. La distancia máxima entre fijaciones será de 0,50 metros, y se deben colocar fijaciones adicionales en los cambios de dirección, en los empalmes y cerca de las entradas en cajas o aparatos.
- Los tubos deben adaptarse a la superficie donde se instalan, ya sea curvándolos o utilizando los accesorios necesarios.
- En tramos rectos, la desviación del eje del tubo respecto a la línea que une los puntos extremos no debe superar el 2 %.
- Siempre que sea posible, los tubos deben colocarse a una altura mínima de 2,50 metros del suelo para protegerlos de posibles daños mecánicos.

Para la instalación empotrada de los tubos, se deben seguir además estas prescripciones:

- Al instalar los tubos dentro de los elementos de la construcción, las rozas no deben comprometer la seguridad de las paredes o techos. Las rozas deben ser lo suficientemente amplias para permitir que los tubos estén cubiertos con al menos 1 centímetro de material, reduciéndose a 0,5 centímetros en los ángulos.
- No se deben instalar tubos destinados a la instalación eléctrica de plantas inferiores entre el forjado y el revestimiento.

- Para la instalación en la propia planta, solo se podrán colocar, entre el forjado y el revestimiento, tubos que deben quedar cubiertos por una capa de hormigón o mortero de al menos 1 centímetro de grosor, además del revestimiento.
- En los cambios de dirección, los tubos deben estar adecuadamente curvados o equipados con codos o "T" apropiados, siendo aceptables solo aquellos con tapas de registro.
- Las tapas de los registros y de las cajas de conexión deben ser accesibles y desmontables al concluir la obra. Los registros y cajas deben quedar al ras con la superficie del revestimiento de la pared o techo, a menos que se encuentren en un compartimiento cerrado y accesible.
- Si se utilizan tubos empotrados en las paredes, es aconsejable que los recorridos horizontales estén a un máximo de 50 centímetros del suelo o techos, y los verticales a no más de 20 centímetros de los ángulos de esquina.

Conductores Aislados Fijados Directamente sobre las Paredes

- Estas instalaciones deben emplear cables con tensiones asignadas no inferiores a 0,6/1 kV, que cuenten con aislamiento y cubierta (incluyendo cables armados o con aislamiento mineral).

Para la instalación de las canalizaciones, se deben seguir las siguientes pautas:

- Los cables se fijarán a las paredes usando bridas, abrazaderas o collares que no dañen su cubierta.
- Para evitar que los cables se doblen por su propio peso, los puntos de fijación deben estar adecuadamente próximos. La distancia máxima entre dos puntos de fijación consecutivos será de 0,40 metros.
- Si los cables requieren protección mecánica debido al lugar o condiciones de instalación, se usarán cables armados. En caso contrario, se debe proporcionar una protección mecánica adicional.
- Se debe evitar curvar los cables con un radio demasiado pequeño. Salvo indicación contraria en la Norma UNE aplicable, el radio de curvatura no debe ser menor a 10 veces el diámetro exterior del cable.
- Los cables que crucen otras canalizaciones no eléctricas deben hacerlo por la parte anterior o posterior de estas, manteniendo una distancia mínima de 3 cm entre la

superficie exterior de la canalización no eléctrica y la cubierta de los cables si el cruce se realiza por la parte anterior.

- Los extremos de los cables deben ser estancos cuando las características del lugar así lo requieran, usando cajas u otros dispositivos adecuados. La estanqueidad puede ser garantizada con prensaestopas.
- Los empalmes y conexiones se realizarán en cajas o dispositivos equivalentes con tapas desmontables que aseguren la continuidad de la protección mecánica, el aislamiento y la inaccesibilidad de las conexiones, permitiendo su verificación si es necesario.

Conductores Aislados Enterrados

- Las condiciones para estas canalizaciones, en las que los conductores aislados deben estar dentro de tubos, salvo que tengan cubierta y una tensión asignada de 0,6/1 kV, se ajustarán a las instrucciones establecidas en ITC-BT-07 e ITC-BT-21.

Conductores Aislados Directamente Empotrados en Estructuras

Para estas instalaciones, se requieren cables con aislamiento y cubierta (incluidos cables armados o con aislamiento mineral). La temperatura mínima para la instalación y el uso de estos cables será de -5°C , y la temperatura máxima será de 90°C (para polietileno reticulado o etileno-propileno).

Conductores Aislados en el Interior de la Construcción

- Se utilizarán cables con una tensión asignada de al menos 450/750 V.
- Estos cables o tubos pueden ser instalados directamente en los huecos de la construcción, siempre que estos materiales sean no propagadores de la llama.
- Los huecos permitidos para estas canalizaciones pueden estar ubicados en muros, paredes, vigas, forjados o techos, y pueden ser conductos continuos o espacios comprendidos entre dos superficies paralelas, como en el caso de falsos techos o muros con cámaras de aire.
- La sección de los huecos debe ser al menos cuatro veces la sección ocupada por los cables o tubos, y la dimensión más pequeña del hueco no debe ser inferior al doble del diámetro exterior de los cables o tubos de mayor sección, con un mínimo de 20 milímetros.

- Las paredes que separan los huecos con canalizaciones eléctricas de los espacios adyacentes deben tener la solidez suficiente para proteger estas canalizaciones contra posibles daños.
- Se deben evitar asperezas internas y cambios de dirección en los huecos que sean excesivos o de pequeño radio de curvatura.
- La canalización debe ser accesible y mantenible sin necesidad de realizar destrucción parcial de las paredes, techos, u otras estructuras, o de sus acabados y decoraciones.
- Los empalmes y derivaciones de los cables deben ser accesibles y deberán realizarse en cajas de derivación adecuadas.
- Se debe evitar la entrada de agua en los huecos, prestando especial atención a la impermeabilidad de los muros exteriores, la proximidad a tuberías de líquidos, el riesgo de acumulación de agua en partes bajas del hueco, y las posibles filtraciones durante la limpieza de suelos.

Conductores Aislados Bajo Canales Protectoras

- La canal protectora es un dispositivo de instalación formado por un perfil, con o sin perforaciones, destinado a alojar cables y cubierto por una tapa desmontable. Los cables utilizados deben tener una tensión asignada mínima de 450/750 V.
- Las canales protectoras deben tener un grado de protección IP4X y estar clasificadas como "canales con tapa de acceso que solo pueden abrirse con herramientas". En su interior, se pueden instalar mecanismos como interruptores, tomas de corriente, dispositivos de mando y control, siempre que se fijen siguiendo las instrucciones del fabricante. También se pueden realizar empalmes y conexiones de conductores dentro de estas canales.
- Las canalizaciones para instalaciones superficiales ordinarias deberán cumplir las características mínimas establecidas en la ITC-BT-21.
- El cumplimiento de estas especificaciones se verificará mediante las pruebas descritas en las normas UNE-EN 50.085.
- Para aplicaciones especiales, las canales protectoras deben cumplir con requisitos mínimos de resistencia al impacto, rangos de temperatura de instalación y servicio, resistencia a la penetración de objetos sólidos y resistencia a la entrada de agua, adecuados para las condiciones del lugar de

instalación. Además, las canales deben ser no propagadoras de la llama, conforme a las normas de la serie UNE-EN 50.085.

- El diseño de las canalizaciones debe seguir preferentemente líneas verticales, horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que delimitan el área de instalación.
- Las canales con conductividad eléctrica deben estar conectadas a la red de tierra, asegurando así su continuidad eléctrica.
- La tapa de las canales siempre debe ser accesible.

Conductores Aislados Bajo Molduras

Estas canalizaciones están formadas por cables ubicados en ranuras bajo molduras. Solo se pueden usar en lugares secos, temporalmente húmedos o polvorientos. Los cables deberán tener una tensión asignada mínima de 450/750 V.

Las molduras deben cumplir con las siguientes condiciones:

- Las ranuras deben ser lo suficientemente amplias para permitir la instalación de los conductores o cables sin dificultad. Generalmente, solo se colocará un conductor por ranura, aunque se podrán instalar varios conductores siempre que pertenezcan al mismo circuito y la ranura sea adecuada para ello.
- La anchura de las ranuras para cables rígidos con sección igual o inferior a 6 mm² debe ser al menos de 6 mm.

En la instalación de las molduras se deben considerar los siguientes aspectos:

- Las molduras no deben tener discontinuidades a lo largo de su longitud que comprometan la protección mecánica de los conductores. Los ángulos de las ranuras en los cambios de dirección deben ser obtusos.
- Las canalizaciones se pueden colocar a nivel del techo o justo encima de los rodapiés. Si no hay rodapiés, la parte inferior de la moldura debe estar al menos a 10 cm del suelo.
- Si se utilizan rodapiés ranurados, el conductor más bajo debe estar al menos a 1,5 cm del suelo.
- En caso de que sea necesario cruzar estas canalizaciones con otras para distintos usos (como agua o gas), se deberá emplear una moldura diseñada para estos cruces o preferiblemente un tubo rígido empotrado que sobresalga por ambos lados del cruce. La separación mínima entre canalizaciones cruzadas será de 1

cm si se usan molduras especiales para el cruce, y de 3 cm si se utilizan tubos rígidos empotrados.

- Las conexiones y derivaciones de los cables se realizarán utilizando dispositivos de conexión con tornillo u otros sistemas equivalentes.
- Las molduras no estarán completamente empotradas en la pared ni cubiertas por papeles, tapicerías u otros materiales; su cubierta deberá permanecer siempre al descubierto.
- Antes de instalar las molduras de madera en una pared, se debe comprobar que la pared esté suficientemente seca; de lo contrario, se deben utilizar productos hidrófugos para evitar que las molduras se despeguen.

Conductores aislados en bandeja o soporte de bandejas.

- Se utilizarán exclusivamente conductores aislados con cubierta (incluidos cables armados o con aislamiento mineral), ya sean unipolares o multipolares, conforme a la norma UNE 20.460 -5-52.
- El material para la fabricación será acero laminado de alta calidad, galvanizado por inmersión. La anchura mínima de las canaletas será de 100 mm, con incrementos de 100 mm, y la longitud de los tramos rectos será de dos metros. El fabricante especificará en su catálogo la carga máxima permitida, en N/m, según la anchura y la distancia entre soportes. Todos los accesorios, como codos, cambios de plano, reducciones, tes, uniones, soportes, etc., tendrán la misma calidad que la bandeja.
- Las bandejas y accesorios se fijarán a techos y paredes usando herrajes de suspensión, con una separación que evite deflexiones superiores a 10 mm, y estarán perfectamente alineadas con los cerramientos de los locales.
- No se permitirá la unión de bandejas ni su fijación a los soportes mediante soldadura; se deben usar piezas de unión y tornillería cadmiada. Para unir o derivar líneas se emplearán cajas metálicas fijadas a las bandejas.

Normas de instalación en presencia de otras canalizaciones no eléctricas

- Cuando las canalizaciones eléctricas estén cerca de otras no eléctricas, se debe mantener una distancia mínima de 3 cm entre las superficies exteriores de ambas. Si están cerca de conductos de calefacción, aire caliente, vapor o humo, las canalizaciones eléctricas se instalarán de manera que no alcancen

temperaturas peligrosas, manteniendo una distancia adecuada o utilizando pantallas calorífugas.

- Las canalizaciones eléctricas no deben situarse por debajo de otras que puedan causar condensación, como las destinadas al vapor, agua o gas, a menos que se tomen medidas para proteger las canalizaciones eléctricas de dichos efectos.

Accesibilidad a las instalaciones.

- Las canalizaciones deben estar dispuestas de tal forma que se facilite su maniobra, inspección y acceso a las conexiones. Además, deben estar claramente identificadas para permitir reparaciones y modificaciones en todo momento.

A lo largo de toda la extensión de las canalizaciones que atraviesan elementos constructivos como muros, tabiques y techos, no se permitirán empalmes ni derivaciones de cables. Estas canalizaciones deberán estar protegidas contra daños mecánicos, agresiones químicas y efectos de la humedad.

Las cubiertas, tapas, envolventes, mandos y pulsadores de aparatos como mecanismos, interruptores, bases, reguladores, etc., instalados en áreas húmedas o mojadas, deberán ser fabricados en material aislante.

6.3.5.5 Cajas de empalme y derivación

Las conexiones entre conductores se realizarán dentro de cajas adecuadas hechas de material plástico resistente al fuego o metálicas, las cuales estarán aisladas internamente y protegidas contra la oxidación. Estas cajas deberán tener dimensiones suficientes para alojar cómodamente todos los conductores que contengan. Su profundidad será al menos una vez y media el diámetro del tubo más grande, con un mínimo de 40 mm; el lado o diámetro de la caja será de al menos 80 mm. Para hacer herméticas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, se utilizarán prensaestopas adecuados. No se permitirá la unión de conductores mediante simple retorcimiento o enrollado, sino que siempre se deberá realizar utilizando bornes de conexión.

Los conductos se fijarán firmemente a todas las cajas de salida, empalme y paso, mediante contratueras y casquillos. Se garantizará que el total de hilos de rosca quede al descubierto para que el casquillo pueda apretarse correctamente contra el extremo del

conducto, y luego se apretará la contratuerca para asegurar el contacto eléctrico firme del casquillo con la caja.

Los conductos y cajas se sujetarán usando pernos de fiador en ladrillo hueco, pernos de expansión en hormigón y ladrillo macizo, y clavos Split sobre metal. Los pernos de fiador tipo tornillo se usarán en instalaciones permanentes, los de tipo tuerca cuando sea necesario desmontar la instalación, y los pernos de expansión serán de apertura efectiva. Estos deberán ser de construcción sólida y capaces de resistir una tracción mínima de 20 kg. No se permitirá el uso de clavos para la sujeción de cajas o conductos.

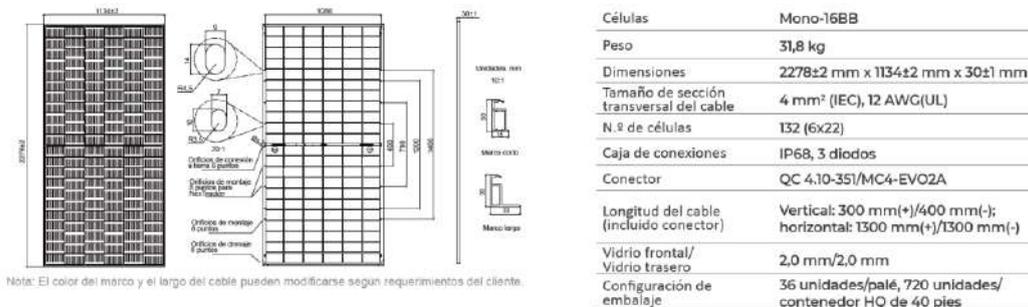
6.3.5.6 Módulos fotovoltaicos

Todos los módulos fotovoltaicos deben cumplir con las especificaciones UNE-EN 61215 para módulos de silicio cristalino o UNE-EN 61646 para módulos de capa delgada. Además, deben estar certificados por un laboratorio de reconocido prestigio, lo cual se demostrará mediante la presentación del certificado oficial correspondiente.

- Cada módulo debe tener visible e indeleblemente marcado el modelo, el nombre o logotipo del fabricante, y una identificación individual o número de serie que permita rastrear la fecha de fabricación.
- Los módulos deben estar equipados con diodos de derivación para prevenir fallos en las células y circuitos debido a sombreados parciales, y tener un grado de protección IP65.
- Los marcos laterales, si existen, deben ser de aluminio o acero inoxidable.
- Para que un módulo sea aceptable, su potencia y corriente de cortocircuito reales en condiciones estándar deben estar dentro del margen de $\pm 5\%$ de los valores nominales indicados en el catálogo.
- La estructura del módulo fotovoltaico deberá estar conectada a tierra.
- El diseño debe asegurar la total compatibilidad entre los diferentes modelos de módulos de la instalación y garantizar que no haya efectos negativos debido a esto. Además, los distintos modelos se conectarán en ramas diferentes del inversor.
- En casos excepcionales donde se utilicen módulos no cualificados, se deberá proporcionar una justificación adecuada y documentación sobre las pruebas realizadas en laboratorios homologados, demostrando que cumplen con la norma UNE-EN 61215 para módulos de silicio cristalino o UNE-EN 61646 para módulos de capa delgada.

- Los módulos deben cumplir con los requisitos técnicos para instalaciones de energía solar fotovoltaica PCT-C-REV de julio de 2011, publicado por el IDAE.

A continuación, se especifican las características técnicas de los módulos.



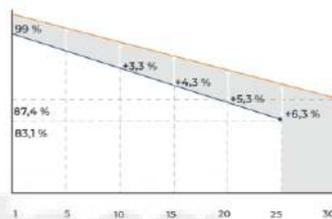
PARÁMETROS ELÉCTRICOS EN CPE

TIPO	JAM66D42-565/MB	JAM66D42-570/MB	JAM66D42-575/MB	JAM66D42-580/MB	JAM66D42-585/MB	JAM66D42-590/MB
Potencia máx. nominal (P _{max}) [W]	565	570	575	580	585	590
Tensión de circuito abierto (V _{oc}) [V]	47,58	47,78	47,98	48,18	48,38	48,58
Tensión de potencia máx. (V _{mp}) [V]	39,79	40,00	40,21	40,42	40,63	40,84
Corriente de Cortocircuito (I _{sc}) [A]	15,06	15,11	15,16	15,21	15,26	15,31
Corriente de Potencia Máx. (I _{mp}) [A]	14,20	14,25	14,30	14,35	14,40	14,45
Eficiencia del módulo [%]	21,9	22,1	22,3	22,5	22,6	22,8
Tolerancia de potencia	0→+5 W					
Coefficiente de Temperatura de I _{sc} (α _{Isc})	+0,046 % / °C					
Coefficiente de temperatura de V _{oc} (β _{Voc})	-0,260 % / °C					
Coefficiente de temperatura de P _{max} (γ _{Pmp})	-0,300 % / °C					
CPE	Irradiancia 100 W/m ² , temperatura de la célula 25 °C, AML5G					

Nota: Los datos eléctricos de este catálogo no se refieren a un único módulo y no forman parte de la oferta. Solo sirven para la comparación de los diferentes tipos de módulo.

Garantía Superior

Tasa de degradación en el primer año del 1 %
 Tasa de degradación anual del 0,4 % durante 30 años



Garantía de rendimiento lineal de los módulos de doble vidrio bifaciales de tipo n
 Garantía de rendimiento lineal de los módulos estándar

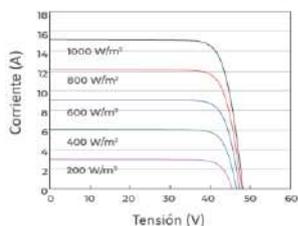
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS CON PROPORCIÓN DE IRRADIANCIA SOLAR DEL 10 %

TIPO	JAM66D42-565/MB	JAM66D42-570/MB	JAM66D42-575/MB	JAM66D42-580/MB	JAM66D42-585/MB	JAM66D42-590/MB
Potencia máx. nominal (P _{max}) [W]	610	616	621	626	632	637
Tensión de circuito abierto (V _{oc}) [V]	47,58	47,78	47,98	48,18	48,38	48,58
Tensión de potencia máx. (V _{mp}) [V]	39,79	40,00	40,21	40,42	40,63	40,84
Corriente de Cortocircuito (I _{sc}) [A]	16,26	16,32	16,37	16,43	16,48	16,53
Corriente de potencia máx. (I _{mp}) [A]	15,34	15,39	15,44	15,50	15,55	15,61
Proporción de irradiancia (parte trasera/frontal)	10 %					

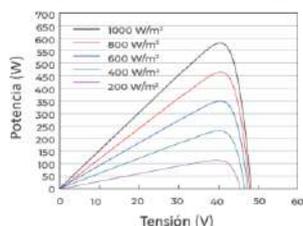
*Para instalaciones NexTracker, consulte la carga estática máxima tomando como referencia la carta de aprobación de compatibilidad entre JH Solar y NexTracker.
 **Bifacialidad= P_{max} parte trasera/P_{max} nominal, parte frontal

CARACTERÍSTICAS

Curva corriente-tensión JAM66D42-580/MB



Curva potencia-tensión JAM66D42-580/MB



Curva corriente-tensión JAM66D42-580/MB

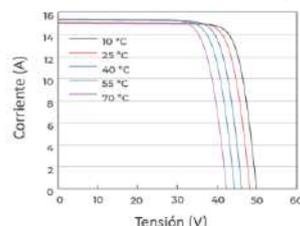


Figura 64: Características módulos solares

6.3.5.7 Inversores

Serán del tipo adecuado para la conexión a la red eléctrica, trifásico a 400V, con una potencia de entrada variable para que sean capaces de extraer en todo momento la máxima potencia que el generador fotovoltaico puede proporcionar a lo largo del día.

Las características básicas de los inversores serán las siguientes:

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

Los inversores cumplirán con las directivas comunitarias de Seguridad Eléctrica y Compatibilidad Electromagnética (ambas certificadas por el fabricante), incorporando protecciones frente a:

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

Cada inversor dispondrá de las señalizaciones necesarias para su correcta operación, e incorporará los controles automáticos imprescindibles que aseguren su adecuada supervisión y manejo.

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

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

Las características eléctricas de los inversores serán las siguientes:

- El inversor seguirá entregando potencia a la red de forma continuada en condiciones de irradiancia solar un 10% superior a la CEM (Condiciones Estándar de Medida). Además, soportará picos de magnitud un 30 % superior a las CEM 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

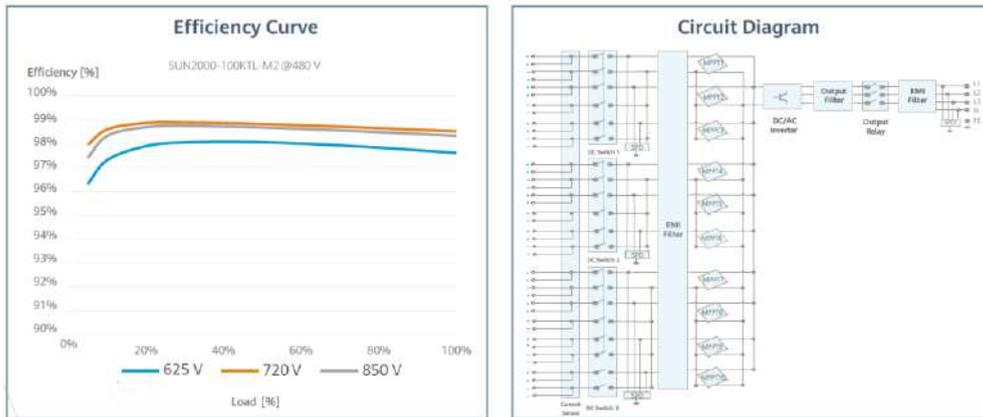
incluyendo el transformador de salida si lo hubiere) para inversores de potencia inferior a 5 kW, y del 90,5% al 92% para inversores mayores de 5 kW.

- 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 superiores al 10% de su potencia, el inversor deberá inyectar a la red.
- Los inversores tendrán un grado de protección mínima IP 20 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.

A continuación, se especifican las características técnicas de los inversores.



Trabajo Final de Máster



Technical Specification		SUN2000-100KTL-M2
Efficiency		
Max. efficiency		98.6% @ 400 V, 98.8% @ 480 V
European efficiency		98.4% @ 400 V, 98.6% @ 480 V
Input		
Max. Input Voltage ¹		1,100 V
Max. Current per MPPT		30 A
Max. Current per Input		20 A
Max. Short Circuit Current per MPPT		40 A
Start Voltage		200 V
MPPT Operating Voltage Range ²		200 V – 1,000 V
Nominal Input Voltage		600 V @ 400 Vac, 720 V @ 480 Vac
Number of MPP trackers		10
Max. input number per MPP tracker		2
Output		
Nominal AC Active Power		100,000 W
Max. AC Apparent Power		110,000 VA
Max. AC Active Power (cosφ=1)		110,000 W
Nominal Output Voltage		400 V / 480 V, 3W-(N)+PE
Rated AC Grid Frequency		50 Hz / 60 Hz
Nominal Output Current		144.4 A @ 400 V, 120.3 A @ 480 V
Max. Output Current		160.4 A @ 400 V, 133.7 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
Arc Fault Protection		Yes
Smart String Level Disconnecter		Yes
Communication		
Display		LED Indicators; WLAN adaptor + FusionSolar APP
RS485		Yes
USB		Yes
Smart Dongle-4G		4G / 3G / 2G via Smart Dongle - 4G (Optional)
Monitoring BUS (MBUS)		Yes (isolation transformer required)
General Data		
Dimensions (W x H x D)		1,035 x 700 x 365 mm
Weight (with mounting plate)		93 kg
Operating Temperature Range		-25°C ~ 60°C
Cooling Method		Smart Air Cooling
Max. Operating Altitude		4,000 m (13,123 ft.)
Relative Humidity		0 ~ 100%
DC Connector		Amphenol HH4
AC Connector		Waterproof Connector + OT/JDT Terminal
Protection Degree		IP66
Topology		Transformerless
Nighttime Power Consumption		< 3.5 W
Standard Compliance (more available upon request)		
Certificate		EN 62109-1/-2, IEC 62109-1/-2, EN 50530, IEC 62116, IEC 61727, IEC 60068, IEC 61683
Grid Connection Standards		VDE-AR-N4105, EN 50549-1, EN 50549-2, RD 661, RD 1699, C10/11

Figura 65: Características Inversores

Los inversores cumplirán con los requerimientos técnicos exigibles para instalaciones de energíasolar fotovoltaica PCT-C-REV de julio 2011, publicado por el IDAE.

6.3.5.8 Sistema monitorización

El sistema de monitorización deberá medir, como mínimo, las siguientes variables:

- Voltaje y corriente CC en la entrada del inversor.
- Voltaje de fase/s en la red y potencia total de salida del inversor.
- Radiación solar en el plano de los módulos.
- Temperatura ambiente en la sombra.
- Potencia activa de salida del inversor.
- Potencia reactiva de salida del inversor para instalaciones mayores de 5 kWp.
- Temperatura de los módulos en integración arquitectónica, y siempre que sea posible, en potencias mayores de 5 kW.
- Energía autoconsumida.

Conexión a red

Todas las instalaciones deberán cumplir con lo establecido en el Real Decreto 1699/2011, referente a la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.

6.3.5.9 Estructura portante

La estructura de soporte debe ser capaz de resistir, con los módulos instalados, las cargas de viento y nieve según lo indicado en el Código Técnico de la Edificación (CTE, RD 314/2006).

El diseño y la construcción de la estructura y el sistema de fijación de los módulos permitirán las dilataciones térmicas necesarias, sin transmitir cargas que puedan comprometer la integridad de los módulos, siguiendo las recomendaciones del fabricante.

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

La estructura se diseñará para la orientación y el ángulo de inclinación especificados para asegurar el mejor rendimiento del generador fotovoltaico, considerando la facilidad de montaje y desmontaje, así como la posible necesidad de sustitución de elementos.

La estructura se protegerá superficialmente contra los agentes ambientales. La tornillería será de acero inoxidable, cumpliendo con la norma MV-106. En el caso de estructuras galvanizadas, se admitirán tornillos galvanizados, exceptuando la sujeción de los módulos, que será de acero inoxidable.

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

En instalaciones integradas en cubiertas que también funcionan como la cubierta del edificio, el diseño de la estructura y la estanqueidad entre módulos se ajustará a las Normas Básicas de la Edificación y a las técnicas usuales en la construcción de cubiertas.

Se dispondrán las estructuras de soporte necesarias para montar los módulos tanto sobre superficies planas (terraza) como integradas en tejados, cumpliendo con los requisitos del PCT IDAE sobre sombras.

La estructura será calculada según la norma MV-103 para soportar cargas extremas debido a factores climatológicos adversos como viento y nieve.

Si la estructura está construida con perfiles de acero laminado conformado en frío, cumplirá con la norma MV-102 para garantizar sus características mecánicas y de composición química.

Si es de tipo galvanizado en caliente, cumplirá con la norma UNE-EN ISO 1461:2010, con un espesor mínimo de 80 micras para eliminar la necesidad de mantenimiento y prolongar su vida útil.

6.3.5.10 Aparatos de mando y maniobra

Todos los cuadros eléctricos serán nuevos y se entregarán en la obra sin defectos. Serán diseñados según los requisitos de estas especificaciones y contruidos de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y las recomendaciones de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI).

Cada circuito de salida del cuadro estará protegido contra sobrecargas y cortocircuitos. La protección contra corrientes de defecto a tierra se realizará por circuito o grupo de circuitos, según se indique en el proyecto, utilizando interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada, conforme a ITC-BT-24.

Los cuadros serán adecuados para trabajo en servicio continuo, con variaciones máximas de tensión y frecuencia del +5 % sobre el valor nominal.

Diseñados para servicio interior, los cuadros serán completamente estancos al polvo y la humedad, ensamblados y cableados en fábrica. Estarán contruidos con una estructura metálica de perfiles laminados en frío, adecuados para montaje en el suelo, y paneles de cerramiento de chapa de acero de gran espesor o cualquier otro material mecánicamente resistente y no inflamable.

Alternativamente, la cabina de los cuadros podrá estar compuesta por módulos de material plástico, con la parte frontal transparente.

Las puertas tendrán una junta de estanquidad de neopreno o material similar para evitar la entrada de polvo.

Todos los cables se instalarán dentro de canaletas con tapa desmontable. Los cables de fuerza se colocarán en canaletas separadas de las canaletas para los cables de mando y control en todo su recorrido.

Los aparatos se montarán dejando entre ellos y las partes adyacentes de otros elementos una distancia mínima igual a la recomendada por el fabricante, nunca inferior a la cuarta parte de la dimensión del aparato en la dirección considerada.

La profundidad de los cuadros será de 500 mm, con altura y anchura necesarias para la colocación de los componentes, y será un múltiplo entero del módulo del fabricante. Los cuadros estarán diseñados para ser ampliables por ambos extremos.

Los aparatos indicadores (lámparas, amperímetros, voltímetros, etc.), dispositivos de mando (pulsadores, interruptores, conmutadores, etc.), y paneles sinópticos se montarán en la parte frontal de los cuadros.

Todos los componentes internos, aparatos y cables serán accesibles desde el frente exterior.

El cableado interior de los cuadros se llevará a una regleta de bornas situada junto a las entradas de los cables desde el exterior.

Las partes metálicas de la envoltura de los cuadros se protegerán contra la corrosión mediante una imprimación con dos manos de pintura anticorrosiva y una pintura de acabado del color especificado en las Mediciones o indicado por la Dirección Técnica durante la instalación.

El diseño y la construcción de los cuadros deberán proporcionar seguridad al personal y garantizar un funcionamiento perfecto bajo todas las condiciones de servicio, especialmente:

- Los compartimentos que deban ser accesibles para operación o mantenimiento mientras el cuadro está en servicio no tendrán piezas con tensión al descubierto.
- El cuadro y todos sus componentes deberán ser capaces de soportar las corrientes de cortocircuito (kA) según las especificaciones indicadas en los planos.

Todos los aparatos de mando y maniobra incorporados a estas instalaciones deberán cumplir con las siguientes condiciones mínimas:

- Deberán ser de una marca de reconocido prestigio en el mercado. En caso de duda, se podrán requerir todas las informaciones y verificaciones de ensayos homologados oficialmente que se consideren necesarias.
- Sus características fundamentales deberán estar impresas de manera indeleble y clara en los aparatos por parte del fabricante.
- Estas características deben ajustarse a las indicadas en el proyecto. En caso de discrepancias, se consultará al director de Obra.
- Se prestará especial atención en la instalación de los aparatos de mando y maniobra para que no queden partes con tensión descubiertas accesibles a personal no especializado. Asimismo, se cuidará el trazado de los conductores de empalme y se asegurará una unión adecuada y segura en los empalmes y conexiones.
- Una vez realizado el montaje, se colocarán los rótulos necesarios para que el usuario pueda operar los aparatos correctamente.
- Cualquier contingencia debida a una manipulación indebida de los mecanismos, como forcejeo o apertura incorrecta, será responsabilidad del propietario o usuario de la instalación, etc.

6.3.5.11 Aparatos de protección

Interruptores automáticos

En el origen de la instalación, y lo más cerca posible del punto de alimentación, se instalará el cuadro general de mando y protección. En este cuadro se dispondrá un

interruptor general de corte omnipolar, así como dispositivos de protección contra sobrecargas para cada uno de los circuitos que parten de dicho cuadro.

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

En general, los dispositivos destinados a la protección de los circuitos se instalarán en el origen de estos, así como en los puntos donde la intensidad admisible disminuya debido a cambios en la sección, condiciones de instalación, sistema de ejecución o tipo de conductores utilizados. No obstante, no se exige instalar dispositivos de protección en el origen de un circuito cuando hay una disminución de la intensidad admisible si dicha protección está asegurada por otro dispositivo instalado anteriormente.

Los interruptores serán de ruptura al aire y de disparo libre, y contarán con un indicador de posición. El accionamiento será directo por polos con mecanismos de cierre por energía acumulada. El accionamiento será manual o manual y eléctrico, según lo indicado en el esquema o según sea necesario por las necesidades de automatización. Llevarán marcadas la intensidad y tensión nominales de funcionamiento, así como el signo indicador de su desconexión.

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

Los dispositivos de protección de los interruptores serán relés de acción directa.

Fusibles

Los fusibles serán de alta capacidad de ruptura, limitadores de corriente y de acción lenta cuando se instalen en circuitos de protección de motores.

Los fusibles destinados a la protección de circuitos de control o de consumidores óhmicos serán de alta capacidad de ruptura y de acción rápida.

Estarán montados sobre material aislante e incombustible y diseñados de manera que no proyecten metal al fundirse. Deberán llevar marcadas la intensidad y la tensión nominales de trabajo.

No se aceptarán elementos en los que la reposición del fusible implique un riesgo de accidente. Estarán montados en una empuñadura que se pueda retirar fácilmente de la base.

Interruptores diferenciales

1- La protección contra contactos directos se garantizará mediante las siguientes medidas:

- Protección por aislamiento de las partes activas
- Las partes activas deberán estar recubiertas con un aislamiento que solo pueda ser removido destruyéndolo.
- Protección mediante barreras o envolventes

Las partes activas deben estar ubicadas dentro de envolventes o detrás de barreras que tengan, como mínimo, el grado de protección IP XXB, según UNE20.324. Si se requieren aberturas mayores para la reparación de piezas o el correcto funcionamiento de los equipos, se tomarán precauciones adecuadas para impedir que personas o animales domésticos toquen las partes activas y se garantizará que las personas sean conscientes de que no deben tocar voluntariamente dichas partes.

Las superficies superiores de las barreras o envolventes horizontales que son fácilmente accesibles deben cumplir, como mínimo, con el grado de protección IP4X o IP XXD.

Las barreras o envolventes deben estar fijadas de manera segura y ser suficientemente robustas y duraderas para mantener los grados de protección exigidos, con una separación adecuada de las partes activas en condiciones normales de servicio, teniendo en cuenta las influencias externas.

Cuando sea necesario remover las barreras, abrir las envolventes o quitar partes de estas, esto solo debe ser posible:

- Con la ayuda de una llave o herramienta;

Después de desenergizar las partes activas protegidas por estas barreras o envolventes, sin poder restablecer la tensión hasta que las barreras o envolventes sean nuevamente colocadas;

Si hay una segunda barrera interpuesta con un grado de protección mínimo de IP2X o IP XXB, que solo pueda ser removida con una llave o herramienta y que impida todo contacto con las partes activas. Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial-residual.

Esta medida de protección está destinada únicamente a complementar otras medidas de protección contra los contactos directos.

El uso de dispositivos de corriente diferencial-residual con un valor de corriente diferencial asignada de funcionamiento igual o inferior a 30 mA se reconoce como una medida de protección complementaria en caso de fallo de otra medida de protección contra contactos directos o en caso de imprudencia por parte de los usuarios.

2- La protección contra contactos indirectos se logrará mediante el "corte automático de la alimentación". Esta medida consiste en evitar que, después de un fallo, una tensión de contacto peligrosa persista durante un tiempo que pueda representar un riesgo. La tensión límite convencional es de 50 V en corriente alterna en condiciones normales y de 24 V en lugares húmedos.

Todas las masas de los equipos eléctricos protegidos por el mismo dispositivo de protección deben estar interconectadas y conectadas a una misma toma de tierra mediante un conductor de protección. El punto neutro de cada generador o transformador debe estar puesto a tierra.

Se cumplirá la siguiente condición:

- $R_a \times I_a \leq U$

donde:

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

6.3.6 Normas de ejecución de las instalaciones

La instalación eléctrica debe ser llevada a cabo exclusivamente por instaladores autorizados, de acuerdo con la ITC-BT-03, siguiendo el proyecto y bajo la supervisión del técnico autor del mismo. Todos los trabajos se realizarán en estricto apego al proyecto, a las modificaciones aprobadas previamente, y a las órdenes e instrucciones escritas proporcionadas por el Técnico al Constructor o Instalador, siempre dentro de las limitaciones presupuestarias.

Si durante la ejecución de la instalación, el instalador autorizado considera que el proyecto o la memoria técnica de diseño no cumplen con lo estipulado en el Reglamento, deberá informar por escrito al técnico autor del proyecto y al propietario. Si no se llega a un acuerdo entre las partes, se planteará el problema al Órgano competente de la Comunidad Autónoma para que lo resuelva lo antes posible.

Todos los materiales utilizados en la instalación deben ser de primera calidad y cumplir con las exigencias del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y otras disposiciones vigentes sobre materiales.

Los materiales pueden ser sometidos a análisis o pruebas, a cargo de la contrata, para verificar su calidad. Cualquier material adicional que sea necesario debe ser aprobado por la Dirección Técnica, y se rechazará cualquier material que no cumpla con los estándares requeridos.

Los materiales no especificados en el proyecto, que den lugar a precios controversiales, deben cumplir con las condiciones necesarias según el juicio de la Dirección Facultativa, sin derecho a reclamación por parte del contratista en cuanto a estas condiciones.

Todos los trabajos incluidos en el proyecto se ejecutarán con el máximo cuidado, siguiendo las buenas prácticas en instalaciones eléctricas, conforme al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, y cumpliendo rigurosamente las instrucciones de la Dirección Facultativa. El contratista no podrá alegar el precio bajo de la subasta para modificar la calidad de la ejecución ni de los materiales y mano de obra especificados, ni solicitar proyectos adicionales.

Las normas aplicables para la ejecución de este proyecto son las siguientes:

- ITC del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (RD 848/2002).
- Normas UNE referenciadas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (RD 848/2002).
- Normas de la Compañía Suministradora.

Criterios generales para la instalación:

- El cuadro general de distribución debe ubicarse en un lugar accesible y de uso general, evitando áreas como baños o aseos. Este cuadro debe estar fabricado con materiales no inflamables ni combustibles.

- Los diferentes aparatos en el cuadro se conectarán de manera ordenada, utilizando regletas de conexión para cada tipo de conductor.
- Cada circuito debe estar claramente identificado según su función.
- Los interruptores unipolares se conectarán en el conductor de fase, o en el caso de circuitos con dos fases, en el conductor que no esté identificado como neutro.
- Cada conductor debe ser seccionable en cualquier punto de la instalación utilizando un dispositivo adecuado para permitir la desconexión completa de cada circuito derivado.
- Las tomas de corriente en una misma área deben estar conectadas a la misma fase. Si esto no es posible, se agruparán las tomas conectadas a la misma fase y se mantendrá una separación mínima de 1,5 metros entre tomas conectadas a fases diferentes.
- La instalación de tubos protectores debe seguir las líneas paralelas a las direcciones verticales y horizontales del espacio.
- Los tubos se unirán con accesorios apropiados para garantizar la continuidad de la protección de los conductores.
- Los tubos aislantes rígidos curvables en caliente podrán ensamblarse en caliente y se recubrirán con una cola especial para asegurar una unión estanca. Las curvas en los tubos serán continuas, sin reducciones de sección inaceptables.
- Se debe facilitar la introducción y extracción de los conductores en los tubos después de su colocación y fijación, utilizando registros apropiados que no estén separados por más de 15 metros en tramos rectos. Los conductores se colocarán en los tubos después de su instalación.
- Las conexiones entre conductores se realizarán dentro de cajas de empalme utilizando bornes de conexión, con un máximo de tres conductores por borne.
- Cada circuito secundario debe contar con un conductor de protección correspondiente.
- Los tubos instalados en montaje superficial se fijarán a paredes y techos con abrazaderas a una distancia máxima de 0,80 metros para tubos rígidos y 0,60 metros para tubos flexibles. Las derivaciones en alineaciones rectas no deben exceder el 2% y, siempre que sea posible, se instalarán a una altura mínima de 2,50 metros sobre el suelo para protegerlos de daños mecánicos.

- En instalaciones eléctricas en baños y aseos, se deben considerar los siguientes volúmenes y normas:
 - El volumen de prohibición está definido por planos verticales tangentes a los bordes exteriores de la bañera o ducha y planos horizontales situados en el suelo y a 2,25 metros sobre el fondo de estos aparatos, o en el caso de estar empotrados, a 2,25 metros sobre el suelo.
 - El volumen de protección se encuentra entre los mismos planos horizontales del volumen de prohibición y otros verticales situados a un metro de estos.
 - En el volumen de prohibición no se instalarán interruptores ni tomas de corriente para iluminación.
 - En el volumen de protección se pueden instalar tomas de corriente de seguridad, pero no interruptores.
- Todos los materiales utilizados en la obra y en la instalación deben proceder de fabricantes de prestigio reconocido.
- Los materiales que lo requieran deben tener sus características grabadas de manera visible e inconfundible.

6.3.7 Pruebas reglamentarias

Al concluir la instalación, el instalador autorizado realizará las verificaciones necesarias según las características de la instalación, de acuerdo con la ITC-BT-05 y, en su caso, las indicaciones específicas de la Dirección de Obra.

Antes de poner en marcha las instalaciones, las empresas encargadas deben llevar a cabo las verificaciones requeridas. Las instalaciones eléctricas en baja tensión deben ser comprobadas previamente a su funcionamiento, siguiendo la metodología establecida en la norma UNE 20.460-6-61, acorde con sus características.

Además, las instalaciones mencionadas en la ITC-BT-05 deberán ser sometidas a una Inspección Inicial por parte de un Organismo de Control.

Las inspecciones se dividirán en dos tipos:

- **INSPECCIONES INICIALES:**
 - Se llevarán a cabo una vez finalizada la instalación, antes de su puesta en servicio y previo a su documentación ante el Órgano competente de la Comunidad Autónoma.

- **INSPECCIONES PERIÓDICAS:**
 - Cada 5 años, para todas las instalaciones eléctricas en baja tensión que requirieron inspección inicial.
 - Cada 10 años, para las instalaciones comunes en edificios de viviendas con una potencia total instalada superior a 100 kW.

Tras la inspección, el Organismo de Control emitirá un Certificado de Inspección que incluirá los datos de identificación de la instalación, una lista de posibles defectos clasificados y la calificación de la instalación, que puede ser favorable, condicionada o negativa.

Antes de iniciar el funcionamiento de las instalaciones, el instalador debe verificar al menos los siguientes aspectos:

- El funcionamiento de las medidas de protección.
- La continuidad de los conductores activos.
- La continuidad de los conductores de protección.
- La continuidad de los conductores de tierra.
- La resistencia de las conexiones de equipotencialidad.
- La resistencia de aislamiento entre conductores activos y de tierra en cada circuito.
- La resistencia de puesta a tierra.
- El funcionamiento de todos los suministros complementarios.

6.3.8 Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad

6.3.8.1 Obligaciones del usuario

Los propietarios de las instalaciones deben asegurarse de que estas se mantengan en óptimas condiciones, usándolas conforme a sus especificaciones y evitando hacer modificaciones por su cuenta. En caso de necesitar cambios, estos deben ser realizados por un instalador autorizado.

6.3.8.2 Obligaciones de la empresa mantenedora.

Todo mantenimiento debe ser realizado por un Instalador Autorizado.

Un técnico cualificado llevará a cabo la verificación de la instalación de puesta a tierra al menos una vez al año, preferiblemente durante la temporada en que el terreno esté más

seco. Esto incluye medir la resistencia de tierra y reparar de manera urgente cualquier defecto encontrado.

En áreas donde el terreno no sea ideal para la conservación de los electrodos, estos y los conductores de conexión hasta el punto de puesta a tierra deben ser desenterrados y examinados, al menos cada cinco años.

Dado que los interruptores diferenciales se utilizan para proteger a las personas de contactos indirectos, es aconsejable probar periódicamente o cuando surjan dudas sobre el funcionamiento de estos dispositivos, utilizando los botones de prueba y disparo que poseen.

Se verificará que el aislamiento de la instalación mantenga una resistencia mínima de 0,25 M Ω entre cada conductor y tierra, y entre cada par de conductores.

Los aparatos, electrodomésticos y otros elementos que se conecten a la instalación deben ser instalados por personal competente y siguiendo las instrucciones del fabricante de cada aparato.

No se debe reemplazar ninguna lámpara ni realizar ninguna operación en los receptores sin asegurarse previamente de que no haya corriente en el punto de manipulación, siendo lo más seguro abrir (desconectar) el interruptor general. Para cualquier trabajo que afecte a las instalaciones fijas, como instalar una nueva toma de corriente o modificar un punto de luz, se debe solicitar los servicios de un Instalador Electricista Autorizado.

6.3.9 Requisitos técnicos del contrato de mantenimiento

6.3.9.1 Generalidades

Se establecerá un contrato de mantenimiento preventivo y correctivo con una duración mínima de tres años.

Este contrato abarcará todos los componentes de la instalación e incluirá las tareas de mantenimiento preventivo recomendadas por los fabricantes de los distintos elementos.

6.3.9.2 Programa de mantenimiento

Este apartado tiene como objetivo establecer las condiciones generales mínimas para el adecuado mantenimiento de las instalaciones de energía solar fotovoltaica conectadas a la red.

Se definen dos niveles de actuación para abarcar todas las operaciones necesarias durante la vida útil de la instalación, con el fin de asegurar su funcionamiento, mejorar su rendimiento y extender su durabilidad:

- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento correctivo.

Plan de mantenimiento preventivo: Incluye operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otras tareas que, aplicadas a la instalación, permitirán mantener sus condiciones de funcionamiento, rendimiento, protección y durabilidad dentro de límites aceptables.

Plan de mantenimiento correctivo: Comprende todas las operaciones de sustitución necesarias para garantizar que el sistema funcione adecuadamente durante su vida útil. Incluye:

- Visitas a la instalación en los intervalos establecidos según el lugar y el tiempo de reposición, y cada vez que el usuario lo requiera por una avería grave.
- Análisis y elaboración del presupuesto para trabajos y reposiciones necesarias para el correcto funcionamiento de la instalación.
- Los costes del mantenimiento correctivo, conforme al alcance mencionado, forman parte del precio anual del contrato de mantenimiento. La mano de obra y las reposiciones de equipos necesarias más allá del período de garantía pueden no estar incluidas.

El mantenimiento debe ser realizado por personal técnico cualificado bajo la responsabilidad de la empresa instaladora.

El mantenimiento preventivo de la instalación incluirá al menos una visita anual para instalaciones de hasta 100 kWp y una visita semestral para instalaciones de mayor potencia. Durante estas visitas se realizarán las siguientes actividades:

- Verificación de las protecciones eléctricas.
- Inspección del estado de los módulos: evaluación respecto al proyecto original y verificación del estado de las conexiones.
- Inspección del estado del inversor: funcionamiento, lámparas de señalización, alarmas, etc.

- Revisión del estado mecánico de cables y terminales (incluyendo cables de toma a tierra y reapriete de bornas), pletinas, transformadores, ventiladores/extractores, uniones, reaprietes y limpieza.

Se debe elaborar un informe técnico tras cada visita, en el que se refleje el estado de las instalaciones y las incidencias detectadas.

Además, se registrarán las operaciones de mantenimiento en un libro de mantenimiento, en el que se anotará la identificación del personal de mantenimiento, incluyendo su nombre, titulación y autorización por parte de la empresa.

6.3.9.3 Garantías

- **Ámbito general de la garantía**

A pesar de posibles reclamaciones a terceros, la instalación se reparará conforme a estas condiciones generales si sufre daños debido a defectos de montaje o de componentes, siempre que haya sido manipulada correctamente de acuerdo con el manual de instrucciones. La garantía se otorga al comprador de la instalación, quien debe presentar el certificado de garantía con la fecha de instalación correspondiente.

- **Plazos**

El proveedor garantiza la instalación por un mínimo de 3 años, cubriendo todos los materiales utilizados y el procedimiento de montaje. Para los módulos fotovoltaicos e inversores, la garantía mínima será de 10 años. Si el suministro debe interrumpirse por razones atribuibles al proveedor o por reparaciones necesarias para cumplir con la garantía, el plazo se extenderá por la duración total de dichas interrupciones.

- **Condiciones económicas**

La garantía cubre la reparación o sustitución de componentes defectuosos y la mano de obra correspondiente durante el periodo de garantía. Esto incluye todos los gastos adicionales como desplazamientos, transporte, amortización de vehículos y herramientas, y portes para la recogida y devolución de equipos en caso de reparación en el taller del fabricante. También se incluyen la mano de obra y materiales necesarios para ajustes y reglajes de la instalación.

Si el proveedor no cumple con sus obligaciones dentro de un plazo razonable, el comprador puede, tras notificarlo por escrito, fijar una fecha límite para que el proveedor cumpla. Si el proveedor no actúa en el plazo establecido, el comprador puede realizar las

reparaciones por sí mismo o contratar a un tercero, a expensas y riesgo del proveedor, sin perjuicio de reclamar daños y perjuicios.

- Anulación de la garantía

La garantía se anulará si la instalación es reparada, modificada o desmontada, aunque sea parcialmente, por personas no autorizadas por el proveedor o por servicios de asistencia técnica no aprobados expresamente por el proveedor, salvo lo indicado anteriormente.

- Lugar y tiempo de la prestación

Cuando el usuario detecte un defecto, debe comunicarlo al proveedor. Si el proveedor considera que se trata de un defecto de fabricación, lo notificará al fabricante. El proveedor debe atender cualquier incidencia en un plazo máximo de una semana y resolver la avería en un plazo máximo de 10 días, salvo fuerza mayor debidamente justificada.

Las averías se repararán en el lugar de la instalación. Si un componente no puede ser reparado en el domicilio del usuario, se enviará al taller oficial del fabricante a cargo del proveedor. El proveedor realizará las reparaciones o sustituciones tan pronto como reciba el aviso, pero no será responsable de los perjuicios causados por demoras en las reparaciones siempre que sean inferiores a 10 días naturales.

6.3.10 Certificados y documentación de puesta en servicio de las instalaciones

Las instalaciones reguladas por el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión deben basarse en una documentación técnica adecuada, la cual debe adoptar una de las siguientes formas, dependiendo de la importancia del proyecto:

- **Proyecto:** Debe ser elaborado y firmado por un técnico titulado competente, quien será responsable de garantizar que el proyecto cumpla con las normativas vigentes. Las instalaciones que requieren un proyecto se describen en el apartado 3 de la ITC-BT-04. El proyecto deberá incluir al menos los requisitos establecidos en el apartado 2.1 de la ITC-BT-04 y en la Orden de 13/03/2002 de la Consejería de Industria y Trabajo, que define el contenido mínimo para proyectos de industrias e instalaciones industriales.
- **Memoria Técnica de Diseño (MTD):** Esta debe ser redactada en formularios específicos proporcionados por el Órgano competente de la Comunidad

Trabajo Final de Máster

Autónoma, y debe detallar los principales datos y características de diseño de la instalación. El instalador autorizado para la categoría correspondiente o el técnico titulado que firme la Memoria será responsable de asegurar que cumpla con las exigencias reglamentarias. Las instalaciones que requieren una MTD están especificadas en el apartado 4 de la ITC-BT-04.

Antes de poner en servicio la instalación, el instalador autorizado debe presentar al Órgano competente de la Comunidad Autónoma, para su registro, el Certificado de Instalación acompañado de su anexo de información al usuario. Dependiendo del caso, se debe adjuntar el Proyecto o la MTD, el Certificado de Dirección de Obra firmado por el técnico titulado competente, y el certificado de inspección inicial con calificación favorable emitido por el Organismo de Control, si corresponde.

El Órgano competente de la Comunidad Autónoma debe validar las copias del Certificado de Instalación y, si aplica, del Certificado de Inspección Inicial. Después de diligenciar los documentos, debe devolver copias al instalador y a la propiedad. Esto permitirá que la propiedad proporcione una copia a la Compañía Eléctrica, condición necesaria para que esta pueda comenzar a suministrar energía a la instalación.

6.3.11 Libro de órdenes

En el lugar de trabajo de la instalación se mantendrá un libro de órdenes donde se registrarán todas las incidencias que ocurran durante su ejecución, incluyendo cada visita, revisión y otros eventos relevantes.

Cieza, a 23 de septiembre de 2.024

El Ingeniero Industrial,



Plácido Sánchez Ballesteros

Ingeniero Industrial

Colegiado nº 7.051

6.4 Programa de trabajos

Tabla 14: Programación trabajos mes 1

FV2 – Edificio Doña Adela	
Programa de Ejecución Instalación	
Realizado:	30/10/24 Por: PSB S.L.
Cambios:	
Comienzo	Mes 1 Día
Trabajos:	
Semana	S 1 S 2 S 3 S 4
Día	Lu Ma Mi Ju Vi Lu Ma Mi Ju Vi Lu Ma Mi Ju Vi Lu Ma Mi Ju Vi
Trabajos / Tareas	
Fecha	
Ejecución Instalación	
INSTALACIÓN FV AUTOCONSUMO	
ESTRUCTURA	
COLOCACIÓN PANELES SOLARES	
INSTALACIÓN ELÉCTRICA	
GESTIÓN DE RESIDUOS	
SEGURIDAD Y SALUD	
CONTROL DE CALIDAD	
PUESTA EN MARCHA	

Tabla 15: Programación trabajos mes 2

FV2 – Edificio Doña Adela	
Programa de Ejecución Instalación	
Realizado:	30/10/24 Por: PSB S.L.
Cambios:	
Comienzo	Mes 1 Día
Trabajos:	
Semana	S 5 S 6 S 7 S 8
Día	Lu Ma Mi Ju Vi Lu Ma Mi Ju Vi Lu Ma Mi Ju Vi Lu Ma Mi Ju Vi
Trabajos / Tareas	
Fecha	
Ejecución Instalación	
INSTALACIÓN FV AUTOCONSUMO	
ESTRUCTURA	
COLOCACIÓN PANELES SOLARES	

6.5 Control de calidad

6.5.1 Memoria

6.5.1.1 Objeto del presente anejo

El control de calidad de la instalación abarca:

- La verificación de la recepción de productos.
- La supervisión de la ejecución.

Para ello:

El director de la ejecución recopilará la documentación del control efectuado, asegurándose de que cumple con lo estipulado en el proyecto, sus anexos y modificaciones.

El contratista obtendrá de los proveedores la documentación necesaria sobre los productos y la proporcionará al director de proyecto y al director de la ejecución, incluyendo instrucciones de uso, mantenimiento y garantías, cuando sea pertinente.

La documentación de calidad elaborada por el contratista para cada equipo podrá ser utilizada, con la autorización del director de la ejecución, como parte del control de calidad.

Según la normativa vigente, se establecen los criterios y la frecuencia para la toma de muestras y la realización de ensayos. Para ello se distingue:

- Relación de ensayos a realizar, especificando la norma utilizada para su ejecución.
- Frecuencia de realización de ensayos conforme a las especificaciones marcadas por la normativa vigente.

Evaluación de los ensayos, utilizando diversas fuentes: Base de Datos de Instalaciones, tarifas de ensayos de la Asociación Nacional de Laboratorios Acreditados y consulta de precios habituales de diferentes laboratorios.

El resultado es la valoración final de los ensayos a realizar. Antes de la ejecución de la instalación, se establecerá un Plan de Control de Calidad en función de las necesidades técnicas indicadas por la Dirección de Obra y del presupuesto disponible.

Para la redacción de este anejo, se han considerado los Decretos y Normas actualmente vigentes:

- Normas UNE emitidas o citadas expresamente en Decretos o Normas de obligado cumplimiento.

6.5.1.2 Control de recepción de los productos

El control de recepción tiene como finalidad verificar que los productos, equipos y sistemas incorporados permanentemente en el edificio cumplan con las características técnicas mínimas exigidas, así como sus condiciones de suministro, garantías de calidad y control de recepción.

Durante la instalación, el director de obra y el director de la ejecución llevarán a cabo los siguientes controles, según sus competencias.

Control de la Documentación de los Suministros

Los proveedores entregarán al constructor, quien a su vez la proporcionará al director de ejecución, la documentación de identificación del producto requerida por la normativa obligatoria y, cuando sea necesario, por el proyecto o la dirección facultativa. Esta documentación incluirá, al menos:

1. Documentos de origen, hoja de suministro y etiquetado.
2. Certificado de garantía del fabricante, firmado por una persona física.
3. Documentos de conformidad o autorizaciones administrativas reglamentarias, incluida la documentación del marcado CE para los productos de construcción cuando corresponda, de acuerdo con las directivas europeas aplicables.

Control mediante Distintivos de Calidad o Evaluaciones Técnicas de Idoneidad

El proveedor deberá proporcionar la documentación pertinente sobre:

- Los distintivos de calidad que poseen los productos, equipos o sistemas suministrados, garantizando que cumplen con las características técnicas exigidas en el proyecto y documentando, cuando sea necesario, el reconocimiento oficial del distintivo.
- Las evaluaciones técnicas de idoneidad para el uso previsto de productos, equipos y sistemas innovadores, y la constancia del mantenimiento de sus características técnicas.

El director de la ejecución comprobará que esta documentación es suficiente para la aceptación de los productos, equipos y sistemas cubiertos por ella.

6.5.1.3 Control de la ejecución

Para una organización eficaz de la calidad, es necesario dividir el control de la ejecución en fases. Estas fases incluyen una fase inicial de Planificación de la ejecución y otra fase de Ejecución propiamente dicha.

Planificación de la Ejecución

La planificación de la ejecución de las instalaciones del proyecto implica anticipar todas las necesidades y prever posibles fallos, preparando las respuestas más adecuadas para cada uno de ellos. Esta planificación tiene como objetivos principales:

- Ofrecer una visión global del desarrollo a lo largo del tiempo de los diferentes campos de actividad, facilitando el control de sus interrelaciones.
- Identificar los puntos críticos que pueden poner en peligro los objetivos del proyecto y tomar medidas correctivas oportunas.
- Evaluar y valorar las alternativas de planificación, informando a la Dirección facultativa sobre las posibles deficiencias de seguridad en algunas partes del trabajo.

Ejecución Propiamente Dicha

Si existen normativas o especificaciones de control de ejecución que marcan las pautas a seguir, el control se limitará a supervisar al nivel exigido, aceptando o rechazando cualquier unidad o parte de ella que no cumpla con las tolerancias de la norma o del pliego.

Cuando no haya normativa, se deberá establecer un plan de actuación con criterios de vigilancia y comprobación específicos.

Obligaciones del Director de Obra y del Control de Calidad

Fase Previa a la Ejecución de la Instalación

- Estudio del proyecto con enfoque en el Control de Calidad.
- Recopilación y estudio de la normativa básica relacionada con la obra, así como la prescrita en el pliego de condiciones.
- Análisis del plan de tiempos y su incidencia en el Control de Calidad.
- Conocimiento de las cláusulas contractuales relativas a penalizaciones o premios por la calidad del resultado de la obra.

Durante la Ejecución de la Instalación

- Control de Recepción de Materiales: Verificación de características aparentes, comprobación de marcas de calidad, sellos, etc. Muestreo, ensayos, interpretación y aceptación o rechazo de los materiales.
- Control de Ejecución: Verificaciones dimensionales, cuantitativas, de posición y de situación. Comprobaciones de materiales o instalaciones que deban quedar ocultos. Inspecciones frecuentes de la ejecución.
- Revisiones de Normas y Reglamentos: Asegurar el cumplimiento de normas y reglamentos.
- Controles de Rendimiento Funcional: Realización de pruebas parciales y totales.
- Recepción de Unidades de Obra Terminadas: Control en sus diferentes aspectos y recopilación de documentos como el libro de órdenes, actas, informes, certificados, dictámenes, resultados de ensayos y pruebas realizadas, así como la recepción de la obra terminada.

Cieza, a 23 de septiembre de 2.024

El Ingeniero Industrial,



Plácido Sánchez Ballesteros

Ingeniero Industrial

Colegiado nº 7.051

6.6 Estudio gestión de residuos

La gestión de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) está regulada por el Real Decreto 110/2015, de 20 de febrero, que establece la entrega de estos residuos a un gestor autorizado.

Artículo 4. Responsabilidades en la Producción y Gestión de RAEE

Este artículo establece lo siguiente:

“a) El usuario del AEE usado podrá destinarlo a su reutilización o desecharlo como residuo, en este segundo caso tendrá la consideración de productor del RAEE. Su responsabilidad concluye con la entrega del RAEE en las instalaciones o puntos de recogida de las Entidades Locales, de los distribuidores, de los gestores de residuos o con su entrega en las redes de recogida de los productores de AEE, en los términos previstos en este real decreto. El usuario podrá exigir acreditación documental de la entrega según lo previsto en este real decreto”

Aplicación en el Proyecto

En el contexto de este proyecto, el contratista se encargará de la entrega de los RAEE en los puntos habilitados por los Sistemas Integrados de Gestión (SIG) para asegurar su correcta gestión.

Cieza, a 23 de septiembre de 2.024

El Ingeniero Industrial,



Plácido Sánchez Ballesteros

Ingeniero Industrial, Colegiado nº 7.051

6.7 Estudio básico de seguridad y salud

6.7.1 Datos obra

6.7.1.1 Introducción

El presente Estudio Básico de Seguridad y Salud establece las previsiones para la prevención de riesgos y accidentes laborales, así como los servicios sanitarios comunes para los trabajadores durante la construcción de la obra. Proporciona directrices básicas a las empresas contratistas para cumplir con sus obligaciones en el ámbito de la prevención de riesgos laborales, facilitando su desarrollo bajo la supervisión del Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra. Todo ello, de acuerdo con el Real Decreto 1627 de 24 de octubre de 1997, que establece las disposiciones mínimas en materia de Seguridad y Salud.

6.7.1.2 Deberes, obligaciones y compromisos

De acuerdo con los Artículos 14 y 17 del Capítulo III de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, se establecen los siguientes puntos:

1. **Derecho a la Protección:** Los trabajadores tienen derecho a una protección efectiva en términos de seguridad y salud laboral. Este derecho implica que el empresario tiene el deber correspondiente de proteger a los trabajadores frente a los riesgos laborales. Asimismo, las Administraciones Públicas tienen el deber de proteger a su personal. Este derecho incluye la información, consulta y participación, formación preventiva, la capacidad de detener la actividad en caso de riesgo grave e inminente, y la vigilancia de la salud, de acuerdo con lo estipulado en la Ley.
2. **Deber de Protección del Empresario:** El empresario debe asegurar la seguridad y salud de sus trabajadores en todos los aspectos relacionados con el trabajo. Para ello, el empresario debe implementar medidas necesarias para proteger a los trabajadores, conforme a los artículos sobre evaluación de riesgos, información, consulta y participación, formación, actuación en emergencias, vigilancia de la salud, y establecer una estructura y recursos adecuados según el Capítulo IV de la Ley. Además, el empresario debe mantener una acción continua para mejorar los niveles de protección y adaptar las medidas de prevención a los cambios en las condiciones de trabajo.
3. **Cumplimiento Normativo:** El empresario está obligado a cumplir con las normativas sobre prevención de riesgos laborales

4. Obligaciones Complementarias: Las obligaciones de los trabajadores establecidas por la Ley, la asignación de funciones de protección y prevención a los trabajadores o Servicios de la empresa, y la colaboración con entidades especializadas para actividades de prevención complementarán las acciones del empresario. Sin embargo, esto no exime al empresario de cumplir con su deber, ni de emprender acciones legales contra terceros si es necesario.
5. Coste de Medidas de Seguridad: El coste de las medidas relacionadas con la seguridad y la salud en el trabajo no debe ser cargado a los trabajadores.

Equipos de Trabajo y Medios de Protección

1. Medidas para Equipos de Trabajo: El empresario debe implementar las medidas necesarias para asegurar que los equipos de trabajo sean adecuados y estén bien adaptados para las tareas a realizar, garantizando así la seguridad y salud de los trabajadores al usarlos. Si el uso de un equipo de trabajo presenta un riesgo específico para la seguridad y la salud, el empresario tomará las siguientes medidas:
 - a) Limitar el uso del equipo a los trabajadores designados específicamente para esa tarea.
 - b) Asegurarse de que las labores de reparación, transformación, mantenimiento o conservación sean realizadas por trabajadores con la capacitación adecuada para dichas tareas.
- 1 Equipos de Protección Individual: El empresario debe proporcionar a sus trabajadores equipos de protección individual que sean adecuados para sus funciones y asegurar que se usen correctamente cuando sean necesarios debido a la naturaleza de los trabajos. Estos equipos de protección individual deben usarse cuando los riesgos no se puedan prevenir o reducir adecuadamente mediante medidas técnicas de protección colectiva o a través de métodos o procedimientos organizativos.

6.7.1.3 Principios básicos

Según los artículos 15 y 16 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, se establece lo siguiente:

2. El empresario debe aplicar las medidas que integran el deber general de prevención, conforme a los siguientes principios generales: a) Evitar los riesgos. b) Evaluar los riesgos que no se puedan evitar. c) Combatir los riesgos en su origen. d) Adaptar el trabajo a la persona, especialmente en lo que se refiere al diseño de los puestos de trabajo y a la elección de equipos y métodos de trabajo y producción, con el objetivo de mitigar el trabajo monótono y repetitivo y reducir sus efectos en la salud. e) Considerar la evolución técnica. f) Sustituir lo peligroso por lo que implique poco o ningún peligro. g) Planificar la prevención, buscando un conjunto coherente que integre la técnica, la organización del trabajo, las condiciones laborales, las relaciones sociales y la influencia de los factores ambientales en el trabajo. h) Priorizar la protección colectiva sobre la individual. i) Dar las instrucciones necesarias a los trabajadores.
3. El empresario tendrá en cuenta las capacidades profesionales de los trabajadores en materia de seguridad y salud al asignarles tareas.
4. El empresario adoptará las medidas necesarias para garantizar que solo los trabajadores que hayan recibido información adecuada puedan acceder a las zonas de riesgo grave y específico.
5. Las medidas preventivas deben ser efectivas y prever las distracciones o imprudencias no temerarias del trabajador. Para su implementación se considerarán los riesgos adicionales que puedan implicar determinadas medidas preventivas, las cuales solo se adoptarán cuando la magnitud de dichos riesgos sea sustancialmente inferior a los que se pretende controlar y no existan alternativas más seguras.
6. Se podrán contratar seguros que cubran la previsión de riesgos derivados del trabajo, tanto para los empleados por parte de la empresa, como para los trabajadores autónomos y las sociedades cooperativas respecto a sus socios que realicen su trabajo personal.

Evaluación de los riesgos.

1. La acción preventiva en la empresa se planificará por parte del empresario a partir de una evaluación inicial de los riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores, considerando la naturaleza de la actividad y aquellos expuestos a riesgos especiales. Esta evaluación también se realizará al seleccionar equipos de trabajo, sustancias o preparados químicos y al acondicionar los lugares de trabajo.

La evaluación inicial debe tener en cuenta otras acciones que deban desarrollarse conforme a la normativa sobre protección de riesgos específicos y actividades peligrosas. Se actualizará cuando cambien las condiciones de trabajo y se revisará si se producen daños para la salud. Si la evaluación lo requiere, el empresario llevará a cabo controles periódicos de las condiciones de trabajo y de la actividad de los trabajadores para identificar situaciones potencialmente peligrosas.

2. Si los resultados de la evaluación lo requieren, el empresario realizará actividades de prevención, incluyendo métodos de trabajo y producción, para garantizar un mayor nivel de protección para la seguridad y salud de los trabajadores. Estas actividades deberán integrarse en todas las actividades de la empresa y en todos los niveles jerárquicos. Las actividades de prevención deberán modificarse si se determina, mediante los controles periódicos, que son inadecuadas para la protección requerida.
3. Cuando se produzca un daño a la salud de los trabajadores o si, a través de la vigilancia de la salud prevista en el artículo 22, se detectan indicios de que las medidas de prevención son insuficientes, el empresario realizará una investigación para detectar las causas de estos hechos.

6.7.1.4 Datos generales

Descripción de la obra: INSTALACIÓN FV AUTOCONSUMO COLECTIVO CON EXCEDENTES

Situación: Camino de Murcia, 21. 30530 – Cieza (Murcia).

Técnico autor del proyecto: Plácido Sánchez Ballesteros. Ingeniero Industrial. Colegiado nº 7.051

6.7.1.5 Plazo de ejecución

El tiempo estimado en semanas para la duración de esta obra, sujeto a este Estudio Básico de Seguridad y Salud, es de 12 semanas.

6.7.1.6 Personal previsto

Debido a las características de la obra, se anticipa un máximo de 5 operarios en ella.

6.7.2 Unidades de obra

6.7.2.1 Servicios de higiene y bienestar

6.7.2.1.1 Servicios higiénicos

DESCRIPCIÓN:

Los servicios higiénicos utilizados en esta obra tendrán las siguientes características:

- Los suelos, techos y paredes serán lisos e impermeables para facilitar la limpieza, y tendrán ventilación independiente y directa.
- La altura libre del suelo al techo será de al menos 2,30 metros, y cada retrete tendrá una superficie de 1 x 1,20 metros.
- La obra tendrá un suministro adecuado de agua potable, accesible para todos los trabajadores y ubicado cerca de los puestos de trabajo.
- Se señalará claramente si el agua es potable o no.
- Los retretes destinados a mujeres estarán equipados con recipientes especiales y cerrados.
- Habrá al menos un inodoro por cada 25 hombres y otro por cada 15 mujeres o fracciones de estas cifras que trabajen en la misma jornada.

RIESGOS (DERIVADOS DE SU UTILIZACIÓN):

- Riesgo de infección por falta de higiene.
- Riesgo de incendio.

MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES TÉCNICAS ADOPTADAS PARA CONTROLAR Y REDUCIR LOS RIESGOS ANTERIORES:

- Se realizará la limpieza periódica del local para evitar infecciones.
- Se proporcionarán equipos especiales de limpieza a los trabajadores que realicen labores muy sucias o manipulen sustancias tóxicas.
- No habrá conexiones entre el sistema de agua potable y el de agua no potable para evitar contaminación.
- Los inodoros y urinarios se instalarán y mantendrán en condiciones adecuadas de desinfección, desodorización y eliminación de emanaciones.
- Los retretes que comuniquen con los lugares de trabajo estarán completamente cerrados y ventilados al exterior, ya sea de manera natural o forzada.

- Habrá extintores disponibles.

6.7.2.1.2 Botiquín

DESCRIPCIÓN:

- Habrá un cartel visible que indique todos los teléfonos de emergencia de los centros hospitalarios más cercanos, incluyendo médicos, ambulancias, bomberos, policía, etc.
- La obra contará con un botiquín equipado para realizar curas de urgencia en caso de accidente.
- Los botiquines estarán a cargo de personas capacitadas designadas por la empresa.
- El contenido mínimo del botiquín incluirá: agua oxigenada, alcohol de 96°, tintura de yodo, mercurocromo, amoniaco, algodón hidrófilo, gasa estéril, vendas, esparadrapo, antiespasmódicos, torniquete, bolsas de goma para agua y hielo, guantes esterilizados, jeringuilla, hervidor y termómetro clínico.

RIESGOS (DERIVADOS DE SU UTILIZACIÓN):

- Riesgo de infecciones por manipulación incorrecta de los componentes.

MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES TÉCNICAS ADOPTADAS PARA CONTROLAR Y REDUCIR LOS RIESGOS ANTERIORES:

- Está prohibido manipular el botiquín y sus componentes sin haberse lavado las manos a conciencia.
- Las gasas, vendas, esparadrapo y demás componentes en mal estado por suciedad o manipulación incorrecta deberán desecharse y reponerse de inmediato.
- Se revisará mensualmente el contenido del botiquín y se repondrá lo utilizado de inmediato.
- En la obra siempre habrá un vehículo disponible para el traslado al hospital.
- En la caseta de obra habrá un plano de la zona con las rutas a los hospitales más cercanos identificadas.
- Habrá un rótulo con todos los teléfonos de emergencia, servicios médicos, bomberos, ambulancias, etc.

6.7.2.2 Instalaciones

6.7.2.2.1 Eléctricas

PROCEDIMIENTO DE LA UNIDAD DE OBRA:

A. ACOMETIDA.

- La acometida será subterránea, conforme a lo especificado en la ITC-BT-07.
- Los conductores o cables serán aislados, de cobre o aluminio, y los materiales y condiciones de instalación cumplirán con las normativas ITC-BT-06 y ITC-BT-10.

B. CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN:

- La caja general de protección que se instalará tendrá una puerta preferentemente metálica, con un grado de protección IK 10 según UNE-EN 50.102. Será de material aislante, autoextinguible y estará protegida contra la corrosión.
- La caja general de protección se ubicará lo más cerca posible de la red de distribución pública y se mantendrá alejada o protegida de otras instalaciones (agua, gas, teléfono, etc.), según lo indicado en ITC-BT-06 y ITC-BT-07.
- Estará equipada con los orificios necesarios para alojar los conductos de las acometidas subterráneas de la red general, además de dispositivos de cierre, precintado, sujeción de la tapa y fijación al muro.
- Contendrá tres cortacircuitos fusibles maniobrables individualmente, con una capacidad de corte al menos igual a la corriente de cortocircuito prevista en el punto de su instalación, así como bornes de entrada y salida para la conexión, directa o mediante terminales, de los tres conductores de fase y el neutro.
- El neutro consistirá en una conexión desmontable situada a la izquierda de las fases cuando la caja general de protección esté en posición de servicio, y dispondrá también de un borne de conexión para puesta a tierra si procede.
- Las cajas generales de protección cumplirán con lo especificado en la norma UNE-EN 60.349-1. Tendrán un grado de inflamabilidad según la norma UNE-EN 60.439-3 y, una vez instaladas, tendrán el grado de protección IP43 según UNE 20.324 e IK 08 según UNE-EN 50.102, y serán precintables.

C. DERIVACIÓN INDIVIDUAL.

- La derivación individual comienza en el embarrado general e incluye los fusibles de seguridad, el conjunto de medida y los dispositivos generales de mando y protección.

- Cada derivación individual debe contar con su propia protección en el origen, compuesta por fusibles de seguridad, independientemente de las protecciones de la instalación interior de cada suministro. Estos fusibles se instalarán antes del contador, en cada uno de los hilos de fase o polares que van al mismo, tendrán la capacidad de corte adecuada según la máxima intensidad de cortocircuito posible en ese punto y estarán precintados por la empresa distribuidora.
- Los tubos y canales de las derivaciones individuales, así como su instalación, cumplirán con lo indicado en la ITC-BT-21, excepto en lo especificado en la instrucción ITC-BT-15.
- Los cables no tendrán empalmes y su sección será uniforme, exceptuando las conexiones realizadas en la ubicación de los contadores y en los dispositivos de protección.
- Los conductores serán de cobre clase 2 según la norma UNE 21.022 o de aluminio, aislados y normalmente unipolares, con una tensión asignada de 450/750 V. Se seguirá el código de colores indicado en la ITC-BT-19.
- Los cables serán no propagadores de incendios y con emisión reducida de humos y opacidad. Los elementos de conducción de cables con características equivalentes a los clasificados como 'no propagadores de la llama' según las normas UNE-EN 50.085-1 y UNE-EN 50.086-1 cumplen con esta descripción.

D. DISPOSITIVOS GENERALES DE MANDO Y PROTECCIÓN.

- Los dispositivos generales de mando y protección se ubicarán lo más cerca posible del punto de entrada de la derivación individual en el local o vivienda del usuario.
- En las viviendas y locales comerciales correspondientes, se instalará una caja para el interruptor de control de potencia inmediatamente antes de los demás dispositivos, en un compartimento independiente y precintable. Esta caja puede colocarse en el mismo cuadro que los dispositivos generales de mando y protección.
- La altura de los dispositivos generales e individuales de mando y protección de los circuitos, medida desde el nivel del suelo, estará entre 1,4 y 2 metros en viviendas.

- Las envolventes de los cuadros cumplirán con las normas UNE 20.451 y UNE-EN 60.439-3, con un grado de protección mínimo de IP 30 según UNE 20.324 e IK07 según UNE-EN 50.102.
- La envolvente para el interruptor de control de potencia será precintable y sus dimensiones se ajustarán al tipo de suministro y tarifa aplicable.
- Los dispositivos generales e individuales de mando y protección incluirán, como mínimo:
 - a) Un interruptor general automático de corte omnipolar, que permita su accionamiento manual y esté dotado de elementos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos. Este interruptor será independiente del interruptor de control de potencia y tendrá un poder de corte mínimo de 4.500 A.
 - b) Un interruptor diferencial general para la protección contra contactos indirectos de todos los circuitos, a menos que esta protección se realice mediante otros dispositivos según la ITC-BT-24. Deberá resistir las corrientes de cortocircuito en su punto de instalación y su sensibilidad deberá cumplir con lo señalado en la ITC-BT-24.
 - c) Dispositivos de corte omnipolar destinados a la protección contra sobrecargas y cortocircuitos de cada uno de los circuitos interiores de la vivienda o local. Deberán resistir las corrientes de cortocircuito en su punto de instalación.
 - d) Dispositivos de protección contra sobretensiones según ITC-BT-23, si es necesario.
- En viviendas donde se instale un interruptor diferencial por cada circuito o grupo de circuitos, se podrá prescindir del interruptor diferencial general, siempre que todos los circuitos estén protegidos.

A. INSTALACIÓN INTERIOR.

- La instalación interior se llevará a cabo mediante roza.
- La instalación interior conectará el cuadro general de distribución con cada punto de uso, utilizando tubo aislante flexible con un diámetro interior D calculado. El tubo se colocará en la roza y penetrará 0,5 cm en cada caja.

- Los conductores serán aislados para una tensión nominal de 750 V, con una sección S calculada. Se instalarán en el tubo el conductor de fase, el neutro desde cada pequeño interruptor automático, y el conductor de protección desde su conexión con el de protección de la derivación individual, hasta cada caja de derivación.
- En los tramos donde dos tubos transcurran por la misma roza, los seis conductores atravesarán cada caja de derivación.
- Las intensidades máximas admisibles estarán reguladas de acuerdo con la norma UNE 20.460-5-523 y su anexo nacional.
- Los conductores de la instalación deberán ser fácilmente identificables, especialmente el neutro y el de protección:
 - Los conductores neutros se identificarán con color azul claro, y aquellos que posteriormente se conviertan en neutro también se marcarán con este color.
 - El conductor de protección se identificará con color verde-amarillo.
 - Los conductores de fase, o aquellos que no se conviertan en neutro, se marcarán con colores marrón o negro.
- Para los conductores de protección, se aplicarán las directrices establecidas en la Norma UNE 20.460-5-54, en su apartado 543.

RIESGOS EVITADOS:

- En esta unidad de obra, se han aplicado medidas técnicas que afectan la tarea, las soluciones técnicas, la organización, y los cambios en el proceso constructivo para eliminar todos los riesgos que no se mencionan en el apartado siguiente.

RIESGOS LABORALES QUE NO SE PUEDEN ELIMINAR SEGÚN LO ANTERIOR:

- Caídas de personas al mismo nivel.
- Caídas de personas a distintos niveles.
- Cortes por uso de herramientas manuales.
- Cortes por manipulación de guías y conductores.
- Golpes por herramientas manuales.
- Electrocutión o quemaduras debido a una protección inadecuada de cuadros eléctricos.
- Electrocutión o quemaduras por maniobras incorrectas en las líneas eléctricas.

- Electrocuación o quemaduras por uso de herramientas sin aislamiento.
- Electrocuación o quemaduras por puentes en mecanismos de protección (disyuntores diferenciales, etc.).
- Electrocuación o quemaduras por conexiones directas sin clavijas macho-hembra.
- Otros.

MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES TÉCNICAS ADOPTADAS PARA CONTROLAR Y REDUCIR LOS RIESGOS ANTERIORES:

- Durante la fase de apertura y cierre de rozas, se mantendrá el orden y la limpieza para evitar riesgos de tropiezos y caídas.
- Los espacios de trabajo estarán bien iluminados, con una intensidad entre 200-300 lux.
- La iluminación portátil se realizará utilizando "portalámparas estancos con mango aislante" y una rejilla protectora para la bombilla, alimentados a 24 voltios.
- Se prohibirá conectar cables a los cuadros eléctricos de obra sin utilizar clavijas macho-hembra.
- Las escaleras de mano serán del tipo "tijera", equipadas con zapatas antideslizantes y cadenilla limitadora de apertura para prevenir accidentes en superficies inestables y estrechas.
- No se permitirá construir andamios utilizando escaleras de mano como borriquetas, para evitar riesgos al trabajar en superficies inestables y estrechas.
- En general, se prohibirá el uso de escaleras de mano o andamios sobre borriquetas en áreas con riesgo de caída desde altura durante trabajos eléctricos, a menos que se hayan instalado previamente las protecciones de seguridad adecuadas.
- Las herramientas usadas por los electricistas estarán protegidas con material aislante estándar para evitar contactos eléctricos.
- Las pruebas de funcionamiento de la instalación eléctrica serán anunciadas a todo el personal de la obra antes de su inicio para prevenir accidentes.
- Antes de energizar la instalación eléctrica, se realizará una revisión exhaustiva de las conexiones de mecanismos, protecciones y empalmes de los cuadros generales, según el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- Antes de poner en servicio las celdas de transformación, se comprobará la presencia en la sala de la banqueta de maniobras, extintores de polvo químico seco

y botiquín, y que los operarios estén usando la ropa de protección personal adecuada. Una vez verificados estos elementos, se dará la orden para iniciar el servicio.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL:

- Casco de seguridad homologado (para su uso durante el desplazamiento por la obra y en áreas con riesgo de caída de objetos o golpes).
- Botas aislantes para trabajos eléctricos.
- Botas de seguridad.
- Guantes aislantes.
- Ropa de trabajo.
- Arnés de seguridad.
- Banqueta de maniobra.
- Alfombra aislante.
- Comprobadores de tensión.
- Herramientas aislantes.

6.7.3 Medios auxiliares

6.7.3.1 Escaleras de mano

DESCRIPCIÓN DEL MEDIO:

- Este medio auxiliar se empleará en diferentes áreas de la obra.
- Aunque suelen ser rudimentarias, especialmente al inicio de la obra o durante la fase de estructura, las escaleras empleadas serán homologadas. Si son de madera, no estarán pintadas.
- El uso de escaleras prefabricadas con restos y retales está prohibido por las normas de seguridad de la obra. Se debe evitar su utilización en el sitio de trabajo.
- Las escaleras de mano deberán contar con la resistencia y los elementos adecuados de apoyo o sujeción para garantizar que su uso no represente un riesgo de caída por rotura o desplazamiento.
- La utilización de una escalera de mano como plataforma de trabajo en altura debe restringirse a casos en los que, de acuerdo con el apartado 4.1.1 del RD 1215/1997, no sea posible utilizar equipos de trabajo más seguros debido al bajo nivel de

riesgo y a las características del emplazamiento que el empresario no puede modificar.

RIESGOS EVITADOS (OPERACIONES DE UTILIZACIÓN Y TRASLADO EN OBRA):

- Mediante la implementación de medidas técnicas, soluciones organizativas, y modificaciones en el proceso constructivo, se han eliminado todos los riesgos no mencionados en el siguiente apartado.

RIESGOS LABORALES QUE NO SE PUEDEN ELIMINAR CONFORME A LO ANTERIORMENTE (OPERACIONES DE UTILIZACIÓN Y TRASLADO EN OBRA):

- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel.
- Caída de objetos sobre otras personas.
- Contactos eléctricos directos o indirectos.
- Atrapamientos por herrajes o extensores.
- Deslizamientos debido a un apoyo inadecuado (falta de zapatas, etc.).
- Vuelco lateral por un apoyo irregular.
- Rotura por defectos ocultos.
- Riesgos derivados de usos inadecuados o montajes peligrosos (como empalmes de escaleras, formación de plataformas de trabajo, escaleras demasiado cortas para la altura a salvar, etc.).

MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES TÉCNICAS ADOPTADAS, TENDENTES A CONTROLAR Y REDUCIR LOS RIESGOS ANTERIORES:

1. Uso de escaleras de madera:
 - Las escaleras de madera que se empleen en la obra tendrán largueros en una sola pieza, sin defectos ni nudos que puedan comprometer su seguridad.
 - Los peldaños de madera estarán debidamente ensamblados.
 - Las escaleras de madera estarán protegidas de la intemperie con barnices transparentes para no ocultar defectos. Está prohibido usar escaleras de madera pintadas.
2. Uso de escaleras metálicas:

- Los largueros de las escaleras metálicas serán de una sola pieza y estarán libres de deformaciones o abolladuras que puedan comprometer su seguridad.
 - Estas escaleras estarán tratadas con pintura antioxidante para protegerlas de las condiciones climáticas.
 - Las escaleras metálicas no tendrán uniones soldadas adicionales.
3. Uso de escaleras de tijera:
- Se aplicarán las mismas condiciones de calidad descritas en los apartados 1 y 2, dependiendo del material (madera o metal).
 - Las escaleras de tijera estarán equipadas con topes de seguridad en la articulación superior para evitar aperturas accidentales.
 - Tendrán cadenillas o cables de acero a mitad de altura para limitar la apertura máxima y evitar aperturas excesivas.
 - Se deben usar siempre con ambos largueros extendidos para garantizar la seguridad.
 - En posición de uso, los largueros estarán completamente abiertos para asegurar la estabilidad.
 - No se deben utilizar como soporte para plataformas de trabajo.
 - No se usará la escalera de tijera si la tarea requiere estar en los tres últimos peldaños.
 - Las escaleras de tijera siempre se colocarán sobre pavimentos horizontales.
4. Uso y transporte de escaleras de mano:
- Las personas que sufran de vértigo u otros problemas similares no deben utilizar las escaleras.
 - Las escaleras de mano deben usarse de manera que los trabajadores mantengan un punto de apoyo y sujeción seguro en todo momento.
 - Al subir a una escalera, se debe usar calzado que asegure un buen agarre. Las suelas deben estar limpias de grasa, aceite u otros materiales resbaladizos que puedan ensuciar los escalones.
 - Está prohibido usar escaleras de mano para alcanzar alturas superiores a 5 metros.
 - Para trabajos a más de 3,5 metros de altura que impliquen movimientos peligrosos para la estabilidad del trabajador, se debe utilizar un equipo de

protección individual anticaídas o implementar otras medidas de protección alternativas.

- Las escaleras de mano que se utilicen en esta obra se colocarán de manera que su estabilidad esté garantizada durante su uso.
- Se evitará el deslizamiento de las escaleras de mano asegurando la fijación de sus extremos, ya sea mediante anclajes o dispositivos antideslizantes, o mediante otras soluciones de eficacia equivalente.
- Las escaleras de mano tendrán en su extremo inferior zapatas antideslizantes para mayor seguridad.
- Los puntos de apoyo de las escaleras deben estar firmemente asentados sobre una base adecuada, estable, resistente e inmóvil, asegurando que los travesaños queden en posición horizontal.
- Las escaleras compuestas de varios elementos adaptables o extensibles deben usarse de manera que los diferentes elementos estén correctamente inmovilizados entre sí.
- Las escaleras de mano estarán firmemente ancladas en su extremo superior al objeto o estructura al que proporcionan acceso.
- Las escaleras de mano deben ser lo suficientemente largas para sobresalir al menos un metro del plano de trabajo al que se accede.
- La instalación de las escaleras de mano se hará de modo que el apoyo inferior esté a una distancia horizontal desde la proyección vertical del extremo superior equivalente a $1/4$ de la longitud del larguero entre los puntos de apoyo.
- Las escaleras simples se colocarán, en lo posible, formando un ángulo aproximado de 75 grados con respecto a la horizontal.
- Las escaleras de mano con ruedas deberán inmovilizarse antes de su uso.
- Se prohibirá el transporte de cargas de 25 kg o más a mano (o a hombro) sobre las escaleras de mano.
- En general, se prohibirá el transporte y manejo de cargas por o desde escaleras de mano si su peso o tamaño compromete la seguridad del trabajador.
- El transporte manual de cargas por una escalera de mano se realizará de manera que no impida una sujeción segura.

- No se permitirá apoyar la base de las escaleras de mano sobre superficies o objetos inestables que puedan comprometer su estabilidad.
- Solo se permitirá el acceso de un operario a la vez a través de las escaleras de mano; está prohibido que dos o más operarios utilicen la escalera simultáneamente.
- El ascenso, descenso y trabajo con escaleras de mano se efectuará de frente, mirando directamente hacia los peldaños que se utilizan.
- Las escaleras se transportarán a mano de manera que se evite dañarlas, dejándolas en lugares apropiados y no usándolas como bandejas o camillas para transportar materiales.
- Cuando el peso de la escalera supere los 55 kg, su transporte manual debe realizarse por una sola persona.
- Las escaleras no se transportarán horizontalmente por una sola persona; se debe hacer con la parte delantera hacia abajo.
- Durante el transporte, se debe evitar girar la escalera ni transportarla sobre la espalda o entre montantes.
- Para las escaleras transformables, se necesitarán dos personas para trasladarlas, tomando las siguientes precauciones:
 - a) Transportar las escaleras de tijera en posición plegada.
 - b) Las escaleras extensibles se trasladarán con los paracaídas bloqueando los peldaños en los planos móviles y las cuerdas atadas a dos peldaños opuestos en los distintos niveles.
 - c) Se evitará arrastrar las cuerdas de las escaleras por el suelo durante el traslado.
- Al elegir el lugar para colocar una escalera, se debe considerar:
 - a) No situar la escalera detrás de una puerta que no se haya cerrado previamente para evitar aperturas accidentales.
 - b) Limpiar el área alrededor del punto de apoyo de la escalera para eliminar objetos que puedan interferir.

c) No se debe colocar la escalera en zonas de paso para evitar riesgos de colisiones con peatones o vehículos; en su lugar, se debe señalizar el área o asignar a alguien que avise sobre la presencia de la escalera.

- Las siguientes consideraciones deben tomarse en cuenta para la ubicación del pie de la escalera:
 - a) Las superficies deben ser planas, horizontales, resistentes y no resbaladizas. La falta de estas características puede causar accidentes graves.
 - b) No se debe colocar una escalera sobre superficies inestables o móviles como cajas, bidones o planchas.
- Consideraciones sobre la inclinación de la escalera:
 - a) La inclinación de la escalera debe ser tal que la distancia desde el pie a la vertical, pasando por el vértice, esté entre un cuarto y un tercio de la longitud total, lo que corresponde a un ángulo de inclinación entre $70,5^\circ$ y $75,5^\circ$.
 - b) El ángulo de apertura de una escalera de tijera no debe superar los 30° , ya sea con el limitador de apertura bloqueado o la cuerda que une los dos planos extendida.
- Consideraciones sobre el apoyo, la fricción con el suelo y las zapatas de apoyo:
 - a) En suelos de cemento: Usar zapatas antiderrapantes de goma o neopreno (ranuradas o estriadas).
 - b) En suelos secos: Utilizar zapatas abrasivas.
 - c) En suelos helados: Emplear zapatas con forma de sierra.
 - d) En suelos de madera: Usar puntas de hierro.
- Las cargas máximas para las escaleras en esta obra son:
 - a) Escaleras de madera: La carga máxima soportable es de 95 kg, mientras que la carga máxima a transportar es de 25 kg.
 - b) Escaleras metálicas: La carga máxima soportable es de 150 kg, con una carga máxima a llevar de 25 kg.

5. Normas básicas para trabajar con una escalera:

- No se debe usar una escalera manual para trabajos prolongados. Si no se puede usar una plataforma de trabajo, se deben tomar las siguientes precauciones:
- Si el trabajo se realiza a más de 2 m del suelo, se debe usar un cinturón de seguridad anclado a un punto sólido y resistente.
- Para trabajos de mayor duración, se pueden utilizar reposapiés que se acoplan a la escalera.
- Solo una persona debe utilizar la escalera al mismo tiempo.
- No se debe trabajar a menos de 5 m de una línea de alta tensión; si es necesario, se deben usar escaleras de fibra de vidrio aisladas.
- La escalera debe colocarse de forma que se pueda acceder al punto de trabajo sin necesidad de estirarse o colgarse; si es necesario acceder a otro punto, se debe ajustar la posición de la escalera y verificar nuevamente su seguridad.
- Las escaleras no deben usarse para fines distintos a los que fueron diseñadas. Por ejemplo, no se deben usar escaleras dobles como simples, ni como puentes, pasarelas o soportes para andamiaje.

6. Almacenamiento de las escaleras:

- Las escaleras de madera deben guardarse en lugares protegidos de los elementos atmosféricos y de forma que permitan una fácil inspección.
- No se deben almacenar las escaleras en posición inclinada.
- Las escaleras deben almacenarse horizontalmente, sujetas a soportes fijos adosados a las paredes.

7. Inspección y mantenimiento:

Las escaleras deben ser inspeccionadas al menos cada seis meses, verificando lo siguiente:

- a) Revisión de peldaños sueltos, mal ensamblados, rotos, agrietados o sustituidos incorrectamente con barras, alambres o cuerdas.
- b) Evaluación del estado de los sistemas de sujeción y apoyo.
- c) Comprobación de defectos en elementos auxiliares (poleas, cuerdas, etc.) necesarios para el funcionamiento de algunos tipos de escaleras.

Si se detecta algún defecto, la escalera debe ser retirada de uso. Deberá ser reparada por personal capacitado o desechada si no puede ser reparada.

8. Conservación de las escaleras en obra:

a) Madera:

- No deben ser cubiertas con productos que oculten o disimulen los defectos de la escalera.
- Se puede aplicar aceites vegetales protectores o barnices transparentes. Es importante verificar el estado de corrosión de las partes metálicas.

b) Metálicas:

- Las escaleras metálicas que no sean de material inoxidable deben ser recubiertas con pintura anticorrosiva.
- Los defectos en montantes, peldaños, etc., no deben ser reparados, soldados ni enderezados; deben ser reemplazados si es necesario.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (DURANTE USO Y TRASLADO EN OBRA):

- Casco de seguridad homologado.
- Botas de seguridad.
- Calzado antideslizante.
- Arnés de seguridad (cuando sea necesario), equipado con un dispositivo anticaídas.

6.7.4 EPI'S

6.7.4.1 Protección de la cabeza

PROTECCIÓN DE LA CABEZA

CASCO DE SEGURIDAD:

1. Definición:

- Dispositivo diseñado para proteger la parte superior de la cabeza contra impactos y golpes.

2. Criterios de Selección:

- El casco debe estar marcado con el símbolo CE, conforme al R.D. 1407/1992 del 20 de noviembre. La Norma UNE-397 establece los requisitos mínimos (pruebas y especificaciones) que estos cascos deben cumplir, de acuerdo con el mencionado Real Decreto.

- El Real Decreto busca cumplir con la Directiva del Consejo 89/686/CEE del 21 de diciembre de 1989, publicada en el Diario Oficial de las Comunidades Europeas del 30 de diciembre, que armoniza las normativas de protección individual entre los Estados miembros.
3. Exigencias Específicas para Prevenir Riesgos:
- Deben cumplir con lo estipulado en el R.D. 1407/1992, Anexo II apartado 3.1.1, que incluye:
 - a) Protección contra golpes de caídas, proyecciones de objetos e impactos contra obstáculos.
 - b) Deben ser capaces de amortiguar los efectos de un golpe, especialmente lesiones por aplastamiento o penetración, hasta un nivel de energía de choque que no impida el uso efectivo del casco debido a su tamaño o masa.
4. Accesorios:
- Son elementos adicionales que, sin formar parte integral del casco, pueden añadirse para mejorar la protección o facilitar tareas específicas, como portalámparas, pantallas para soldadores, etc. No deben reducir la eficacia del casco. Es recomendable incluir un barbuquejo, una cinta ajustable que pasa por debajo de la barbilla y se fija en puntos simétricos del casco para asegurar su sujeción.
5. Materiales:
- Los cascos deben estar hechos de materiales que no sean combustibles o que tengan una combustión lenta y sean resistentes a grasas, sales y condiciones atmosféricas.
 - Las partes en contacto con la cabeza deben ser de materiales suaves, hidrófugos y fáciles de limpiar y desinfectar, sin causar irritaciones en la piel.
 - El peso total del casco, en condiciones normales y excluyendo accesorios, no debe superar los 450 gramos.
6. Fabricación:
- El casquete debe tener una superficie lisa, con o sin nervaduras, bordes redondeados, y sin aristas ni salientes peligrosos, tanto por fuera como por dentro.
 - No debe presentar defectos como rugosidades, hendiduras o burbujas que comprometan sus características protectoras y resistentes.

- El casquete y el arnés deben formar un conjunto estable, ajustable y permitir la sustitución del arnés sin dañar otros elementos.
 - Las zonas de unión y el arnés no deben causar molestias ni ejercer presiones incómodas.
7. Ventajas del Uso del Casco:
- Reduce significativamente el riesgo de accidentes en la cabeza y permite diferenciar los roles en el lugar de trabajo mediante colores distintos.
 - Puede equiparse con accesorios adicionales como iluminación autónoma, auriculares para radio o protectores contra el ruido.
 - Aunque el ajuste del barbuquejo es una cuestión personal, es importante ajustarlo correctamente para evitar que el casco se caiga y cause lesiones a los trabajadores en niveles inferiores.
8. Selección del Casco:
- La elección del casco debe basarse en los riesgos específicos a los que se enfrenta el personal, considerando los siguientes factores:
 - o Capacidad de absorción de impactos;
 - o Resistencia a diferentes agentes agresivos como ácidos y electricidad (en cuyo caso no se deben usar cascos metálicos);
 - o Resistencia a proyecciones de materiales incandescentes (evitando el uso de materiales termoplásticos);
 - o Confort, peso, ventilación y sellado.
9. Mantenimiento del Casco:
- Es crucial seguir prácticas básicas de higiene y limpieza.
 - La transpiración abundante puede afectar el arnés y las bandas de amortiguación. Es necesario revisar no solo la limpieza del casco, sino también la integridad del arnés y las bandas de amortiguación, sustituyéndolos si presentan signos de deterioro.
10. Actividades y Sectores que Pueden Requerir Casco de Protección:
- Obras de construcción, especialmente actividades en, debajo o cerca de andamios y en lugares elevados, así como en obras de encofrado, desencofrado, montaje, instalación y demolición.
 - Trabajos en puentes metálicos, estructuras metálicas altas, postes, torres, obras hidráulicas de acero, instalaciones de altos hornos, acerías, laminadores, grandes contenedores, canalizaciones de gran diámetro, y centrales eléctricas.

- Actividades en fosas, zanjas, pozos y galerías.
- Movimiento de tierra y excavaciones en roca.
- Trabajos en explotaciones mineras, canteras, explotaciones a cielo abierto y manejo de escombreras.
- Uso o manejo de pistolas grapadoras.
- Trabajos con explosivos.
- Actividades relacionadas con ascensores, mecanismos elevadores, grúas y andamios de transporte.
- Trabajos en instalaciones de altos hornos, plantas de reducción directa, acerías, laminadores, fábricas metalúrgicas, talleres de martillo, estampado y fundiciones.
- Actividades en hornos industriales, contenedores, equipos, silos, tolvas y canalizaciones.
- Construcción naval.
- Maniobras ferroviarias.

6.7.4.2 Protección del aparato ocular

Protección Ocular

- Durante el trabajo, los ojos están expuestos a diversos peligros, como polvos y humos, deslumbramientos, sustancias gaseosas irritantes, cáusticas o tóxicas, impactos de partículas sólidas, salpicaduras de líquidos fríos y calientes, cáusticos o metales fundidos, y radiación.
- Aunque los párpados proporcionan una barrera natural al proteger los ojos de cuerpos extraños a baja velocidad cuando están cerrados, no siempre están completamente cerrados, ni siempre detectan las partículas que se aproximan.
- Por lo tanto, se concluye que los ojos son órganos frágiles y mal protegidos, susceptibles a daños graves incluso por objetos pequeños.
- La protección ocular indirecta se logra mediante una iluminación adecuada en el área de trabajo, complementada con gafas de protección con montura universal y oculares resistentes a impactos, así como con pantallas transparentes o viseras.
- El equipo de protección ocular debe contar con certificación de conformidad, marca CE y garantía de calidad de fabricación, conforme al R.D. 1407/92 y las Normas Armonizadas.
- En situaciones con múltiples riesgos que requieran el uso de otros equipos de protección además de las gafas, estos deben ser compatibles.

- Los equipos de protección ocular deben ser de uso personal. Si es necesario que varios trabajadores compartan un equipo, se deben tomar precauciones para evitar problemas de salud o higiene.
- El equipo debe incluir información técnica y guías sobre uso, mantenimiento, contraindicaciones, caducidad, etc., según la normativa de certificación.
- La Norma EN-166 regula el uso de equipos de protección ocular, definiendo los diferentes tipos de protectores según su uso.
- Las Normas EN-167, EN-168, EN-169, EN-170 y EN-171 establecen los requisitos mínimos de pruebas y especificaciones para que los protectores cumplan con los usos descritos.

Tipos de Equipos de Protección Ocular:

- a) Gafas con patillas.
- b) Gafas con un solo ocular.
- c) Gafas con dos oculares.
- d) Gafas para protección contra rayos X, rayos láser, radiación ultravioleta, infrarroja y visible.
- e) Pantallas faciales.
- f) Máscaras y cascos para soldadura por arco.

Gafas de Seguridad:

1. Características y Requisitos:
 - Deben ser ligeras, bien acabadas y sin bordes afilados o punzantes.
 - Se deben limpiar fácilmente y soportar desinfecciones periódicas sin pérdida de eficacia.
 - No debe haber huecos entre los oculares y la montura.
 - Deben permitir suficiente ventilación para prevenir el empañamiento de los oculares en condiciones normales.
 - Todos los componentes metálicos deben haber pasado pruebas de corrosión.
 - Los materiales no metálicos deben ser resistentes al fuego.
 - Los oculares deben estar firmemente fijados en la montura.
2. Detalles de la Montura:

- El material de la montura puede ser metal, plástico, una combinación de ambos, o cualquier otro material que se adapte bien a la anatomía del usuario.
 - Las partes en contacto con la piel no deben ser de metal sin recubrimiento ni de materiales que causen efectos adversos.
 - Debe ser resistente al calor y la humedad.
 - Las patillas de sujeción deben mantener la montura en su lugar, evitando ajustes frecuentes debido a los movimientos del usuario.
3. Detalles de los Oculares:
- Deben estar fabricados con materiales adecuados para uso oftalmológico, como vidrio inorgánico, plástico o una combinación de ambos.
 - Deben tener un acabado de alta calidad sin defectos que alteren la visión.
 - Deben ser del tamaño y forma apropiados para el modelo de gafas.
 - El bisel debe ser adecuado para asegurar los oculares en la montura sin riesgo de desprendimiento.
 - Deben ser incoloros, ópticamente neutros y resistentes al impacto.
 - Los oculares de plástico, laminados o compuestos no deben inflamarse y deben ser resistentes al calor y la humedad.
4. Características de las Protecciones Adicionales:
- Los modelos de gafas de protección con estas piezas deben cumplir con las siguientes especificaciones:
 - Si las piezas están fijadas permanentemente a la montura, deben permitir que las patillas se plieguen completamente para guardar las gafas cuando no se usen.
 - Si son acoplables a la montura, deben ofrecer un ajuste firme para evitar que se desprendan accidentalmente.
5. Identificación:
- Cada montura debe llevar en una de las patillas de sujeción, de forma indeleble, la siguiente información:
 - La marca registrada o el nombre del fabricante.
 - El modelo específico de las gafas.
 - El código identificador de la clase de protección adicional que proporcionan.

Pantalla para Soldadores

1. Características Generales:

- Las pantallas estarán fabricadas con materiales que ofrezcan un aislamiento térmico adecuado, que sean poco conductores de electricidad, incombustibles o de combustión lenta, y no inflamables.
- Los materiales no deben causar dermatosis ni tener olores que puedan resultar molestos para el usuario.
- Deben ser fáciles de limpiar y desinfectar.
- El peso total no debe exceder los 600 gramos, excluyendo los vidrios de protección.
- Los vidrios de protección deben ajustarse bien al marco y el marco al cuerpo de la pantalla, asegurando que no pase luz a través de la cara posterior del cuerpo de la pantalla, excepto a través del filtro.

2. Armazón:

- La pantalla debe tener un diseño y dimensiones que protejan al menos la frente, cara y cuello.
- El material debe ser no metálico, opaco a las radiaciones ultravioletas, visibles e infrarrojas, y resistente a la penetración de objetos calientes.
- La cara interior debe tener un acabado mate para evitar reflejos de radiaciones incidentes.
- La cara exterior no debe tener remaches o elementos metálicos visibles. Si hay elementos metálicos, deben estar recubiertos con material aislante y ubicados a una distancia segura de la piel del usuario.

3. Marco Soporte:

- Debe ser un bastidor de material no metálico y ligero que asegure un ajuste firme del cuerpo de la pantalla.
- Marco Fijo: No es el más recomendable, ya que requiere el uso de protección adicional durante la soldadura. Generalmente incluye una placa-filtro que puede estar protegida con un cubre-filtro.
- El conjunto debe estar permanentemente fijado a la pantalla y permitir un cambio fácil de la placa-filtro y el cubre-filtro si es necesario.
- Marco Deslizable: Diseñado para permitir el uso de varios vidrios de protección, permitiendo que el filtro se desplace y deje libre la mirilla con solo el cubre-filtro para una visión clara, mientras se asegura la protección contra partículas voladoras.

- Marco Abatible: Equipado con tres vidrios (cubre-filtro, filtro y antecristal). Mediante un sistema de bisagra, el conjunto del cubre-filtro y la placa filtrante puede abatirse cuando no hay emisión de radiaciones, dejando la mirilla protegida por el antecristal contra impactos.

4. Elementos de Sujeción:

- Pantallas de Cabeza: Se sujetan con un arnés de bandas flexibles; una banda de contorno que rodea la cabeza, conectando la parte media de la frente con la nuca y pasando sobre las orejas, y una o más bandas transversales que unen los laterales de la banda de contorno, cruzando sobre la cabeza. Estas bandas deben ser ajustables para adaptarse a la cabeza. La banda de contorno debe tener almohadillado en la parte frontal y dispositivos que permitan abatir la pantalla sobre la cabeza, dejando libre la cara.
- Pantallas de Mano: Deben contar con un mango adecuado para que pueda ser sostenida con una mano o la otra, de manera que, al sostener la pantalla en su posición normal de uso, quede lo más equilibrada posible.

5. Elementos Adicionales

- En ciertos casos, se recomienda fijar la pantalla al casco de protección para mayor seguridad.
- En estos casos, la unión debe ser diseñada de manera que permita abatir la pantalla sobre el casco, dejando la cara del usuario descubierta cuando sea necesario.

6. Vidrios de Protección: Tipos:

En estos equipos pueden encontrarse vidrios de protección contra radiaciones o placas-filtro, así como vidrios diseñados para protección mecánica contra partículas voladoras.

- Vidrios de Protección Contra Radiaciones:
 - o Están diseñados para bloquear adecuadamente las radiaciones que podrían dañar los ojos.
 - o Deben tener el tamaño y forma adecuados para ajustarse perfectamente al protector sin dejar espacios por donde pueda pasar la radiación.
 - o No deben tener defectos que alteren la visión y deben ser ópticamente neutros.
 - o Deben resistir el calor, la humedad y el impacto, incluso sin cubre-filtros.
- Vidrios de Protección Mecánica Contra Partículas Volantes:
 - o Opcionales y se dividen en dos tipos: cubre-filtros y antecristales.

Trabajo Final de Máster

- Los cubre-filtros se colocan entre el ocular filtrante y el área de trabajo para prolongar la vida útil del filtro.
- Los antecristales se colocan entre el filtro y los ojos, ofreciendo protección en caso de rotura del filtro o cuando el filtro esté levantado, protegiendo contra partículas desprendidas durante la soldadura, el picado de escoria, etc.
- Deben ser incoloros y superar pruebas de resistencia al choque térmico, agua e impacto.

Actividades y Sectores que Pueden Requerir Protección Individual:

Gafas de Protección, Pantallas o Pantallas Faciales:

- Soldadura, apomazado, esmerilado, pulido y corte.
- Perforación y burilado.
- Talla y tratamiento de piedras.
- Uso de pistolas grapadoras.
- Operación de máquinas que generan virutas cortas en la transformación de materiales.
- Trabajos de estampado.
- Recolección y fragmentación de cascos.
- Recolección y procesamiento de vidrio y cerámica.
- Trabajo con chorros de abrasivos granulados.
- Manipulación de productos ácidos, alcalinos, desinfectantes y detergentes corrosivos.
- Uso de dispositivos con chorros líquidos.
- Trabajos con metales fundidos y en proximidad a ellos.
- Actividades en entornos con calor radiante.
- Trabajos con láser.
- Trabajos eléctricos bajo tensión, tanto en baja tensión como en alta tensión

6.7.4.3 Protección de las extremidades superiores

PROTECCIÓN DE LAS EXTREMIDADES SUPERIORES

El Diario Oficial de las Comunidades Europeas, en su edición del 30 de diciembre de 1989, presenta en la directiva del Consejo del 30 de noviembre de 1989, relacionada con las disposiciones mínimas de seguridad y salud para el uso de equipos de protección

individual (EPIs) en el trabajo, una lista de actividades y sectores que pueden requerir el uso de protección para los brazos y las manos, detallada en el anexo III.

A) Guantes:

- Para trabajos de soldadura.
- Para la manipulación de objetos con bordes cortantes, excepto al utilizar máquinas, cuando haya riesgo de que el guante se quede atrapado.
- Para la manipulación de productos ácidos o alcalinos al aire libre.

B) Guantes de Metal Trenzado:

- Para la sustitución de cuchillas en máquinas cortadoras.

Criterios de Selección:

- El equipo debe llevar la marca CE, según el Real Decreto 1407/1992 de 20 de noviembre. Las normas EN-348, EN-368, EN-373, EN-381, EN-142 y EN-510 establecen los requisitos mínimos para la protección conforme al Real Decreto.
- 1. La protección para manos, antebrazos y brazos debe incluir guantes, mangas, mitones y manguitos seleccionados para prevenir riesgos sin dificultar el movimiento del trabajador.
- 2. Los elementos de protección pueden estar fabricados con goma, caucho, PVC, cuero curtido al cromo, amianto, plomo o malla metálica, dependiendo de las características y riesgos del trabajo.
- 3. En ciertos casos, la protección se limitará a los dedos o palmas de las manos, utilizando dediles o manoplas.
- 4. Para trabajos eléctricos, se deben usar guantes de caucho, neopreno o plásticos que indiquen claramente el voltaje máximo para el cual están diseñados.
- 5. Los guantes y manguitos deben estar libres de costuras, grietas u otros defectos que puedan reducir sus propiedades.
- Se pueden emplear colorantes y aditivos en la fabricación siempre que no afecten las características del material ni causen dermatitis.
- Las manoplas son adecuadas solo para manejar piezas grandes.
- Las propiedades mecánicas y fisicoquímicas de los guantes se definen por el grosor y la resistencia a la tracción, al desgarramiento y al corte.

- Los manguitos, que protegen los antebrazos, suelen estar hechos de los mismos materiales que los guantes y a menudo se integran en una sola pieza que puede superar los 50 cm de longitud.

6) Aislamiento de Herramientas Manuales para Trabajos Eléctricos en Baja Tensión:

- Se refiere a herramientas manuales que solo utilizan la energía del operario.
- Las variaciones en el aislamiento entre -10°C y $+50^{\circ}\text{C}$ no deben afectar su funcionalidad. El recubrimiento debe tener un espesor mínimo de 1 mm.

Deben llevar las siguientes indicaciones claramente legibles:

- a) Marca del fabricante.
- b) Tensión máxima de servicio de 1000 voltios.

6.1) Destornillador:

- Independientemente de su forma (rectos, acodados, punta plana, cruzada, cabeza hexagonal, etc.), la parte no aislada del destornillador debe ser como máximo de 8 mm. La longitud de la empuñadura debe ser al menos de 75 mm.

6.2) Llaves:

- En las llaves fijas (planas, de tubo, etc.), el aislamiento debe cubrir toda la herramienta, salvo las partes activas.
- No se deben usar llaves con múltiples cabezas de trabajo, salvo que no haya conexión eléctrica entre ellas.
- La llave inglesa no debe usarse como herramienta aislada.
- La longitud de la empuñadura debe ser al menos de 75 mm.

6.3) Alicates y Tenazas:

- El aislamiento debe cubrir la empuñadura hasta la cabeza de trabajo y contar con un resalte para evitar el deslizamiento de la mano hacia la cabeza de trabajo.

6.4) Corta-alambres:

- Para empuñaduras de más de 400 mm, no se requiere un resalte de protección.
- Para empuñaduras de menos de 400 mm, debe incluirse un resalte similar al de los alicates.
- El aislamiento debe cubrir la empuñadura hasta la cabeza de trabajo.

6.5) Arcos-Portasierras:

- El aislamiento debe cubrir todo el arco, incluyendo el dispositivo de tensado de la hoja.
- Las áreas de engarce de la hoja pueden quedar sin aislamiento.

7) Actividades y Sectores que Pueden Requerir Protección Individual:

- Dediles de Cuero: Para el transporte de sacos, paquetes ásperos, esmerilado y pulido.
- Dediles o Semiguantes Reforzados con Malla (Protegen dos dedos y el pulgar): Para el uso de herramientas cortantes.
- Manoplas de Cuero: Para albañiles, personal en contacto con objetos rugosos o abrasivos, manejo de chapas y perfiles.
- Semiguantes Reforzados con Malla (Protegen un dedo y el pulgar): Para trabajos con sierras, especialmente sierras de cinta.
- Guantes y Manoplas de Plástico: Incluyen guantes con puntas de acero para la manipulación de tubos y piezas pesadas.
- Guantes de Cuero: Para chapistas, plomeros, cinceladores, vidrieros y soldadura al arco.
- Guantes de Cuero Curtido al Cromo: Específicos para soldadura en acero.
- Guantes de Cuero Reforzado: Para manejar chapas y objetos con bordes afilados.
- Guantes con Palma Reforzada con Remaches: Para manipulación de cables de acero y piezas cortantes.
- Guantes de Caucho Natural: Para protección contra ácidos y álcalis.
- Guantes de Caucho Artificial: Para protección contra hidrocarburos, grasas y aceites.
- Guantes de Amianto: Para protección contra quemaduras.

6.7.4.4 Protección de las extremidades inferiores

PROTECCIÓN DE LAS EXTREMIDADES INFERIORES:

- El equipo de protección debe contar con certificación y la marca CE, conforme al Real Decreto 1407/1992 del 20 de noviembre.
- Deberá cumplir con las Normas EN-344, EN-345, EN-346 y EN-347, que especifican los requisitos mínimos, ensayos y características necesarias para los equipos de protección individual (EPIs).

- En la Directiva del Consejo de 30 de noviembre de 1989, publicada en el Diario Oficial de la Comunidad Europea el 30 de diciembre de 1989, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud para el uso de EPIs por los trabajadores, y en su anexo II, se proporciona una lista indicativa y no exhaustiva de actividades que pueden necesitar protección para los pies.

A) Calzado de protección con suela antiperforante:

- Trabajos en obra gruesa, ingeniería civil y construcción de carreteras.
- Actividades en andamios.
- Demolición de obra gruesa.
- Construcción de elementos prefabricados y hormigón, incluyendo encofrado y desencofrado.
- Trabajos en áreas de construcción o almacenamiento.
- Obras de techado.

B) Zapatos de protección sin suela antiperforante:

- Trabajos en puentes metálicos, estructuras metálicas de gran altura, postes, torres, ascensores, construcciones hidráulicas de acero, grandes contenedores, canalizaciones de gran diámetro, grúas, instalaciones de calderas, etc.
- Construcción de hornos, montaje de sistemas de calefacción, ventilación y estructuras metálicas.
- Actividades en canteras, explotaciones a cielo abierto y manipulación de escombreras.
- Trabajos con piedras.
- Fabricación, manejo y tratamiento de vidrio plano y hueco.
- Transporte y almacenamiento.

C) Zapatos de seguridad con tacón o suela corrida y suela antiperforante:

- Trabajos en techado.

D) Zapatos de seguridad con suelas termoaislantes:

- Actividades que implican contacto con materiales ardientes o extremadamente fríos.

CARACTERÍSTICAS DE LOS EPIS PARA PROTECCIÓN DE LOS PIES.

1. Polainas y cubrepies:

- Generalmente hechas de amianto, se utilizan en entornos donde hay riesgo de salpicaduras de chispas y líquidos calientes; las polainas de serraje son comunes entre los soldadores, las de cuero se emplean para proteger contra productos químicos, grasas y aceites, y las de neopreno para proteger contra agentes químicos.
 - Pueden ser de mediacaña o de caña alta; deben permitir un rápido desprendimiento mediante flejes.
2. Zapatos y botas:

Para proteger los pies de riesgos mecánicos, se debe usar calzado de seguridad adecuado al tipo de riesgo.

- Clase I: Calzado con puntera de seguridad que protege los dedos de posibles caídas de objetos, golpes o aplastamientos.
- Clase II: Calzado con plantilla o suela de seguridad para proteger la planta del pie de pinchazos.
- Clase III: Calzado que combina las protecciones de las clases I y II.

3. Características generales:

La puntera de seguridad será una parte integral del calzado y estará hecha de un material rígido.

- El calzado debe cubrir el pie de manera adecuada y permitir un movimiento normal al caminar.
- La suela estará compuesta por una o más capas superpuestas, y el tacón puede tener un relleno de madera o material similar.
- La superficie de la suela y el tacón que toca el suelo será rugosa o tendrá relieves y hendiduras.
- Todos los elementos metálicos protectores deben ser resistentes a la corrosión gracias a un tratamiento fosfatado.

4. Contra riesgos químicos:

- Se debe usar calzado con suela de caucho, neopreno, cuero tratado especialmente o madera, y la unión entre el cuerpo y la suela debe ser por vulcanización en lugar de cosido.

5. Contra el calor:

- Se empleará calzado de amianto.
- 6. Contra agua y humedad:
 - Se utilizarán botas altas de goma.
- 7. Contra electricidad:
 - Se debe usar calzado aislante, sin ningún componente metálico.

6.7.5 Fichas

6.7.5.1 Oficios

6.7.5.1.1 Operador de electricidad.

PROCEDIMIENTO DE LA UNIDAD DE OBRA

- Durante la instalación y el mantenimiento, se deberá trabajar con las líneas desactivadas, verificando la ausencia de tensión con un comprobador adecuado.
- Las herramientas deben estar aisladas.
- Las herramientas eléctricas deberán tener un grado de aislamiento II o estar alimentadas a una tensión inferior a 50V.

Riesgos Evitados:

- Con la aplicación de medidas técnicas y organizativas en la unidad de obra, se han eliminado todos los riesgos no mencionados en el apartado siguiente.

Riesgos Laborales Ineludibles:

- Quemaduras.
- Electrocuciiones.
- Explosiones o incendios.
- Golpes, cortes, etc., durante la manipulación.

Medidas Preventivas y Protección Técnica para Controlar y Reducir Riesgos:

- Antes de accionar un interruptor, asegúrese de que corresponde a la máquina adecuada y de que no hay personas cerca.
- No conecte ningún dispositivo usando cables desprotegidos en el enchufe.
- Desconecte las máquinas eléctricas siempre usando el interruptor correspondiente, nunca en el enchufe.
- No desenchufe tirando del cable.

- Asegúrese de que los cables no se dañen al estar sobre bordes, ser pisados o golpeados.
- No realice reparaciones eléctricas provisionales; si son necesarias, contacte a personal autorizado.

Equipos de Protección Individual:

- Casco de seguridad certificado.
- Ropa de trabajo adecuada.
- Guantes de cuero.
- Mascarilla de protección.

6.7.5.1.2 Instalador eléctrico baja tensión procedimiento de la unidad de obra:

- Se considera baja tensión cualquier nivel inferior a 50 voltios, ya sea en corriente alterna o continua.
- Para la instalación de la línea de baja tensión, los dispositivos portátiles a mano deben ser de clase T.B.T cuando se trabajen en interiores. Dado que el aislamiento entre el trabajador y las paredes puede ser insuficiente debido a las condiciones específicas de trabajo, se recomienda el uso de maquinaria alimentada a baja tensión para herramientas portátiles.
- Tras completar la instalación de la línea de baja tensión, se colocarán las peanas y los cuadros generales de protección, finalizando con el enterramiento en arena y la señalización de las líneas.

Riesgos Evitados:

- Con la implementación de medidas técnicas, organizativas y cambios en el proceso constructivo, se han eliminado los riesgos no abordados en el siguiente apartado.

Riesgos Laborales Ineludibles:

- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a diferente nivel.
- Cortes por uso de herramientas manuales.
- Cortes por manejo de guías y conductores.
- Golpes con herramientas manuales.

- Contactos eléctricos directos.
- Contactos eléctricos indirectos.
- Fallos en mecanismos y sistemas de protección.
- Otros.

Medidas Preventivas y Protección Técnica para Controlar y Reducir Riesgos:

- Identificación: Antes de comenzar cualquier trabajo en baja tensión, identifique el conductor o instalación a intervenir.

Trabajo sin tensión:

- Aísle la parte a trabajar desconectándola de la alimentación mediante los aparatos de seccionamiento cercanos.
- Bloquee cada aparato de seccionamiento en la posición de apertura y coloque un letrero de advertencia en el mando.
- Verifique la ausencia de tensión en cada sección de la instalación utilizando un verificador (fases, extremos de los fusibles, etc.).
- No restablezca el servicio hasta asegurarse de que no existe ningún peligro.

Trabajo en tensión:

- El personal deberá estar capacitado en los métodos de trabajo y uso de equipo y herramientas de seguridad especificados.
- Cableado: Asegúrese de que el calibre del cable sea el adecuado para la carga eléctrica prevista, según el cálculo realizado.
- Funda protectora: Los cables deben tener una funda aislante en buen estado, sin defectos como rasgaduras. Los tramos defectuosos no serán aceptados.
- Tendido de cables y mangueras: Coloque cables y mangueras a una altura mínima de 2 m sobre el nivel del pavimento para peatones y 5 m para vehículos. Siempre que sea posible, los cables deben ir enterrados.
- Cruce de viales: Cuando los cables crucen viales, deben ir enterrados y señalizados con tabloncillos para protegerlos y advertir a los vehículos sobre el "paso eléctrico". Además, el cable debe estar protegido dentro de un tubo rígido.

Equipos de Protección Individual:

- Arnés de seguridad.
- Ropa de trabajo.
- Guantes aislantes.
- Banquetas o alfombras aislantes.
- Vainas o caperuzas aislantes.
- Comprobadores de tensión.
- Herramientas aislantes.
- Material de señalización (discos, barreras, banderines, etc.).
- Lámparas portátiles.
- Transformadores de seguridad.
- Transformadores de separación de circuitos.

6.7.5.1.3 INSTALADOR ELÉCTRICO

Procedimiento para la Unidad de Obra:

A) Acometida

- La acometida debe ser subterránea, conforme a las especificaciones de la ITC-BT-07.
- Los conductores o cables deben ser de cobre o aluminio, aislados, y los materiales y condiciones de instalación deben cumplir con las normativas ITC-BT-06 e ITC-BT-10.

B) Caja General de Protección

- La caja general de protección debe contar con una puerta metálica, preferentemente, con un grado de protección IK 10 según UNE-EN 50.102. Debe ser de material aislante, autoextinguible, y resistente a la corrosión.
- Se debe ubicar la caja lo más cerca posible de la red de distribución pública, manteniéndola alejada o protegida de otras instalaciones (agua, gas, teléfono, etc.), según lo establecido en ITC-BT-06 e ITC-BT-07.
- La caja debe tener los orificios necesarios para la entrada de conductos provenientes de las acometidas subterráneas, dispositivos de cierre, precintado, sujeción de la tapa y fijación al muro.
- Debe incluir tres cortacircuitos fusibles que puedan ser maniobrados individualmente, con una capacidad de corte al menos igual a la corriente de cortocircuito esperada en su punto de instalación. También debe contar con bornes

de entrada y salida para la conexión directa o mediante terminales de los tres conductores de fase y el neutro.

- El neutro debe tener una conexión removible ubicada a la izquierda de las fases cuando la caja está en posición de servicio, y debe disponer de un borne para su puesta a tierra si es necesario.
- Las cajas generales de protección deben cumplir con lo establecido en la norma UNE-EN 60.349-1. Deben tener un grado de inflamabilidad según UNE-EN 60.439-3, y tras la instalación, deben tener un grado de protección IP43 según UNE 20.324 e IK 08 según UNE-EN 50.102, y deben ser precintables.

C) Línea General de Protección

- La línea general de protección, que conecta la caja general de protección con la centralización de contadores, debe cumplir con las especificaciones de ITC-BT-21, excepto lo indicado en ITC-BT-14.
- Los conductores para esta línea, que incluyen tres fases y un neutro, deben ser de cobre o aluminio, unipolares y aislados, con una tensión asignada de 0,6/1 kV. Los cables deben ser no propagadores de incendio y tener baja emisión de humo y opacidad.
- Los elementos de conducción de cables que cumplen con las características de "no propagadores de llama" según las normas UNE-EN 50.085-1 y UNE-EN 50.086-1 deben ajustarse a esta prescripción.

D) Centralización de Contadores

- Los módulos de centralización de contadores, que incluyen cajas con tapas precintables, deben estar compuestos por una envolvente, embarrados y cortacircuitos fusibles.
- Deben cumplir con las normas UNE-EN 60.439 partes 1, 2 y 3.
- Los contadores deben ser de inducción, con una envolvente que permita la lectura directa. Las partes transparentes para la lectura deben ser resistentes a los rayos ultravioleta.
- Todos los módulos, paneles y armarios para contadores deben cumplir con las normas UNE-EN 60.439 partes 1, 2 y 3.
- La envolvente debe ser de material aislante conforme a la norma UNE-EN 50.102, con un grado de protección mínimo IP43 y IK 09.

- Los módulos o armarios deben contar con ventilación interna para prevenir condensaciones sin comprometer su grado de protección.

E) Derivación Individual

- La derivación individual comienza en el embarrado general y abarca los fusibles de seguridad, el sistema de medición y los dispositivos generales de control y protección.
- Cada derivación individual debe contar con su propia protección inicial, que consiste en fusibles de seguridad, además de las protecciones de la instalación interna del suministro. Estos fusibles se deben colocar antes del contador y en cada conductor de fase o polar que se dirija al contador. Deben tener una capacidad de corte adecuada para la máxima intensidad de cortocircuito posible en ese punto y estarán precintados por la empresa distribuidora.
- Los tubos y canales de las derivaciones individuales, así como su instalación, deben cumplir con las indicaciones de la ITC-BT-21, excepto en lo especificado en la ITC-BT-15.
- Los cables no deben tener empalmes y su sección debe ser uniforme, salvo en las conexiones realizadas en la ubicación de los contadores y en los dispositivos de protección.
- Los conductores utilizados serán de cobre de clase 2 según la norma UNE 21.022 o de aluminio, aislados y generalmente unipolares, con una tensión asignada de 450/750 V. Se seguirá el código de colores especificado en la ITC-BT-19.
- Los cables deben ser no propagadores de incendio y tener baja emisión de humo y opacidad. Los elementos de conducción de cables que cumplan con las características de "no propagadores de la llama" según las normas UNE-EN 50.085-1 y UNE-EN 50.086-1 cumplen con esta descripción.

F) Dispositivos Generales de Control y Protección

- Los dispositivos generales de control y protección deben ubicarse lo más cerca posible del punto de entrada de la derivación individual en el local o vivienda del usuario.
- En viviendas y locales comerciales donde sea necesario, se instalará una caja para el interruptor de control de potencia, colocada inmediatamente antes de los demás

- dispositivos, en un compartimento independiente y precintable. Esta caja puede situarse en el mismo cuadro que los dispositivos generales de control y protección.
- La altura de los dispositivos generales e individuales de control y protección de los circuitos, medida desde el nivel del suelo, debe estar entre 1,4 y 2 m para viviendas.
 - Las cubiertas de los cuadros deben cumplir con las normas UNE 20.451 y UNE-EN 60.439-3, con un grado de protección mínimo IP 30 según UNE 20.324 e IK07 según UNE-EN 50.102.
 - La cubierta para el interruptor de control de potencia debe ser precintable y sus dimensiones deben ajustarse al tipo de suministro y tarifa aplicable.
 - Los dispositivos generales e individuales de control y protección deben incluir como mínimo:
 - a) Un interruptor general automático de corte omnipolar, que permita accionamiento manual y tenga protección contra sobrecargas y cortocircuitos. Este interruptor debe ser independiente del interruptor de control de potencia y tener una capacidad de corte suficiente para la intensidad de cortocircuito en su punto de instalación, con un mínimo de 4.500 A.
 - b) Un interruptor diferencial general, destinado a la protección contra contactos indirectos de todos los circuitos, a menos que la protección contra contactos indirectos se realice mediante otros dispositivos conforme a la ITC-BT-24. Debe resistir las corrientes de cortocircuito que puedan presentarse y tener la sensibilidad conforme a la ITC-BT-24.
 - c) Dispositivos de corte omnipolar para protección contra sobrecargas y cortocircuitos de cada circuito interior de la vivienda o local. Deben soportar las corrientes de cortocircuito posibles en su punto de instalación.
 - d) Dispositivo de protección contra sobretensiones, según ITC-BT-23, si es necesario.
 - En viviendas donde se instale un interruptor diferencial para cada circuito o grupo de circuitos, se puede prescindir del interruptor diferencial general, siempre y cuando todos los circuitos queden protegidos.

G) Instalación Interior

- La instalación interior se llevará a cabo bajo roza.
- Esta instalación conectará el cuadro general de distribución con cada punto de uso, utilizando tubo aislante flexible con diámetro interior D determinado por cálculo. El tubo se alojará en la roza y se introducirá 0,5 cm en cada caja.
- Los conductores serán de aislamiento para una tensión nominal de 750 V, con sección S calculada. Se instalarán a través del tubo el conductor de fase y el neutro desde cada interruptor automático, así como el conductor de protección desde su conexión con el de protección de la derivación individual, hasta cada caja de derivación.
- En tramos donde dos tubos pasen por la misma roza, los seis conductores atravesarán cada caja de derivación.
- Las intensidades máximas permitidas se ajustarán a lo indicado en la norma UNE 20.460-5-523 y su anexo Nacional.
- Los conductores de la instalación deben ser fácilmente identificables, especialmente el neutro y el de protección. El conductor neutro o el de fase que se convertirá en neutro debe ser de color azul claro. El conductor de protección se identificará con color verde-amarillo. Los conductores de fase, o aquellos que no se conviertan en neutro, se identificarán con colores marrón o negro.
- Para los conductores de protección se aplicará lo indicado en la Norma UNE 20.460-5-54, en su apartado 543.

RIESGOS EVITADOS:

- En esta unidad de obra, se han eliminado todos los riesgos que no se abordan en la sección siguiente mediante la implementación de medidas técnicas, organizativas y cambios en el proceso constructivo.

RELACIÓN DE RIESGOS LABORALES QUE NO PUEDEN ELIMINARSE CONFORME A LO SEÑALADO ANTERIORMENTE:

- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel.
- Cortes por uso de herramientas manuales.
- Cortes por manejo de guías y conductores.
- Golpes por herramientas manuales.

- Electrocuci3n o quemaduras debido a la protecci3n inadecuada de cuadros el3ctricos.
- Electrocuci3n o quemaduras por maniobras incorrectas en las l3neas.
- Electrocuci3n o quemaduras por uso de herramientas sin aislamiento.
- Electrocuci3n o quemaduras por fallos en los mecanismos de protecci3n (disyuntores diferenciales, etc.).
- Electrocuci3n o quemaduras por conexiones directas sin clavijas macho-hembra.
- Otros.

MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES T3CNICAS ADOPTADAS, TENDENTES A CONTROLAR Y REDUCIR LOS RIESGOS ANTERIORES:

- Durante la apertura y cierre de rozas, se mantendr3 el orden y la limpieza para prevenir riesgos de tropiezos o ca3das.
- Los espacios de trabajo estar3n bien iluminados, con una intensidad de entre 200 y 300 lux.
- La iluminaci3n port3til se realizar3 con "portal3mparas estancos con mango aislante" y una rejilla de protecci3n para la bombilla, alimentados a 24 voltios.
- Se prohibir3 la conexi3n de cables a los cuadros de suministro el3ctrico sin el uso de clavijas macho-hembra.
- Las escaleras de mano deben ser del tipo "tijera", equipadas con zapatas antideslizantes y cadenilla limitadora de apertura, para prevenir riesgos al trabajar sobre superficies inseguras.
- Se prohibir3 el uso de escaleras de mano como andamios o borriquetas, para evitar riesgos en superficies inseguras.
- En general, se prohibir3 el uso de escaleras de mano o andamios sobre borriquetas en lugares con riesgo de ca3da desde altura durante trabajos el3ctricos, a menos que se hayan instalado protecciones de seguridad adecuadas.
- Las herramientas usadas por los electricistas deber3n estar protegidas con material aislante normalizado para prevenir contactos con energ3a el3ctrica.
- Las pruebas de funcionamiento de la instalaci3n el3ctrica se anunciar3n a todo el personal antes de su inicio para evitar accidentes.
- Antes de activar la instalaci3n el3ctrica, se revisar3n minuciosamente las conexiones de mecanismos, protecciones y empalmes en los cuadros generales, conforme al Reglamento Electrot3cnico de Baja Tensi3n.

- Antes de poner en servicio las celdas de transformación, se verificará la presencia de la banqueta de maniobras, extintores de polvo químico seco y botiquín en la sala, y que los operarios estén equipados con ropa de protección personal. Solo después de estas comprobaciones se dará la orden para la entrada en servicio.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL:

- Casco de seguridad homologado (para usar durante desplazamientos por la obra y en zonas con riesgo de caída de objetos o golpes).
- Botas aislantes para electricidad (conexiones).
- Botas de seguridad.
- Guantes aislantes.
- Ropa de trabajo.
- Arnés de seguridad.
- Banqueta de maniobra.
- Alfombra aislante.
- Comprobadores de tensión.
- Herramientas aislantes.

6.7.6 Riesgos

6.7.6.1 Riesgos no eliminados

RELACION DE RIESGOS LABORALES QUE NO PUEDEN SER ELIMINADOS

- Este apartado detalla los riesgos laborales que no pueden ser completamente eliminados, y especifica las medidas preventivas correspondientes.

CAÍDA DE MATERIALES DESDE DISTINTOS NIVELES:

- La caída de materiales desde diferentes niveles de la obra no puede ser completamente evitada. Las medidas preventivas incluyen:
- Las subidas de materiales se realizarán por zonas donde no haya personal trabajando.
- El acceso del personal a la obra se hará a través de una única entrada, la cual estará protegida con una visera de seguridad.
- Se minimizará el paso de personal por las áreas de acopio de materiales.

- El operador de la grúa debe mantener una visión completa de las zonas de acopio de materiales, así como de las áreas de carga y descarga, y del trayecto del gancho de la grúa.

CAÍDA DE PERSONAS A DISTINTO NIVEL:

- La caída de personal durante la instalación o desmantelamiento de medidas de seguridad no puede ser completamente evitada. Las medidas preventivas son las siguientes:
 - Todos los trabajos deberán ser supervisados por el encargado de la obra.
 - Se debe contar con el número adecuado de trabajadores calificados para llevar a cabo estos trabajos.

RIESGOS ESPECÍFICOS DE LOS TRABAJADORES:

INSOLACIONES: Los trabajadores están frecuentemente expuestos al sol durante varias fases de la obra (como cimentación, estructura, cubiertas, etc.), lo cual puede causar mareos, problemas en la piel, entre otros. Las medidas preventivas incluyen:

- Organizar los trabajos de manera que se minimice la exposición directa al sol en la medida de lo posible.
- Usar la ropa de trabajo adecuada y aplicar filtros solares en caso de exposición prolongada al sol.
- Rotar al personal en los distintos trabajos periódicamente si hay varios trabajadores disponibles.

INGESTIÓN DE BEBIDAS ALCOHÓLICAS: Aunque está prohibido el consumo de alcohol en el lugar de trabajo, no se puede evitar que algunos trabajadores consuman bebidas alcohólicas durante las pausas (desayuno, almuerzo, etc.) en bares cercanos. Las medidas preventivas son:

- El encargado de la obra debe estar atento a cualquier comportamiento inusual o signos de intoxicación en el personal, y tomar las medidas necesarias, incluyendo la posible exclusión de la obra si es necesario.

6.7.6.2 Riesgos especiales

TRABAJOS QUE IMPLICAN RIESGOS ESPECIALES

En principio, no se anticipa la existencia de trabajos que presenten riesgos especiales para la seguridad y salud de los trabajadores según el ANEXO II DEL RD 1627/97. Sin

embargo, se enumeran a continuación los trabajos que suponen tales riesgos, con el fin de tenerlos en cuenta en caso de que surjan durante la ejecución de las obras. Estos deben ser identificados y localizados, así como establecerse las medidas de seguridad necesarias para eliminar riesgos y prevenir accidentes.

ANEXO II DEL RD 1627/97

Listado no exhaustivo de los trabajos:

- 1 Trabajos con riesgos graves de sepultamiento, hundimiento o caída de altura debido a las características específicas de la actividad, los procedimientos aplicados, o el entorno del puesto de trabajo.
- 2 Trabajos en los que la exposición a agentes químicos o biológicos represente un riesgo grave, o para los que la vigilancia específica de la salud de los trabajadores sea legalmente requerida.
- 3 Trabajos con exposición a radiaciones ionizantes que requieren la delimitación de zonas controladas o vigiladas según la normativa específica.
- 4 Trabajos cerca de líneas eléctricas de alta tensión.
- 5 Trabajos que impliquen riesgo de ahogamiento por inmersión.
- 6 Excavación de túneles, pozos y otros trabajos que impliquen movimientos de tierra subterráneos.
- 7 Trabajos realizados bajo inmersión con equipo subacuático.
- 8 Trabajos realizados en cajones de aire comprimido.
- 9 Trabajos que impliquen el uso de explosivos.
- 10 Trabajos que requieran montar o desmontar elementos prefabricados pesados.

PUNTO 1- Trabajos con riesgos especialmente graves de sepultamiento, hundimiento o caída de altura debido a las características particulares de la actividad, los procedimientos aplicados, o el entorno del puesto de trabajo.

RIESGOS DETECTABLES MÁS COMUNES:

ESTRUCTURA

- Vuelco de paquetes de madera (tablones, tableros, puntales, correas, soportes, etc.) durante las maniobras de izado a las plantas.
- Caída de madera al vacío durante las operaciones de desencofrado.
- Hundimiento de encofrados.

Trabajo Final de Máster

- Rotura o reventón de encofrados.
- Riesgos derivados de trabajos sobre suelos húmedos o mojados.
- Atrapamientos.
- Golpes en las manos.
- Pisadas sobre objetos punzantes.
- Caída de soportes, viguetas o perfiles metálicos.
- Caída de personas a diferente nivel.
- Caída de personas al mismo nivel.

CERRAMIENTOS

- Pisadas sobre objetos.
- Iluminación inadecuada.
- Caída de elementos sobre las personas.
- Caída del sistema de andamiaje.
- Caída de personas al mismo nivel.
- Caída de personas a diferente nivel.

CUBIERTAS

- Caída de personas a diferente nivel.
- Caída de personas al mismo nivel.
- Caída de objetos a niveles inferiores.

REVESTIMIENTOS

- Caídas al mismo nivel.
- Caída de personas a diferente nivel.
- Caída de objetos a niveles inferiores.

ALBAÑILERÍA

- Caídas al mismo nivel.
- Caída de personas a diferente nivel.
- Caída de objetos a niveles inferiores.

ACABADOS

- Caídas al mismo nivel.
- Caída de personas a diferente nivel.
- Caída de objetos a niveles inferiores.

MEDIOS AUXILIARES (BORRIQUETAS, ESCALERAS, ANDAMIOS, TORRETAS DE HORMIGONADO, ETC.)

- Caídas a diferentes niveles (al entrar o salir).
- Caídas al mismo nivel.
- Colapso del andamio.
- Caída o desplome de objetos (tablones, herramientas, materiales).
- Atrapamientos.

NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD Y PROTECCIONES COLECTIVAS:

- Existe una lista de normas o medidas preventivas específicas en cada uno de los apartados mencionados anteriormente, detalladas en las diferentes fases de ejecución de la obra, a las cuales se debe recurrir para su conocimiento y aplicación.
- La forma más efectiva de evitar caídas de altura es mediante la instalación de medios colectivos de seguridad, como barandillas en perímetros y huecos, evitando su desmontaje parcial, entablonado de huecos, redes de seguridad, uso de cinturones anclados a puntos fijos, señalización de zonas y limpieza de áreas y superficies de trabajo.

PROTECCIONES PERSONALES:

- Casco de polietileno.
- Botas de seguridad.
- Cinturones de seguridad clases A y C.
- Guantes de cuero.
- Gafas de seguridad antiproyecciones.
- Ropa de trabajo.
- Botas de goma o P.V.C. de seguridad.
- Trajes para condiciones lluviosas.
- Calzado antideslizante.
- Manoplas de goma.
- Muñequeras de cuero que cubran el brazo.
- Polainas de cuero.
- Delantal.

PUNTO 2- Trabajos en los que la exposición a agentes químicos o biológicos suponga un riesgo de especial gravedad, o para los que la vigilancia específica de la salud de los trabajadores sea legalmente exigible.

RIESGOS DETECTABLES MÁS COMUNES:

HORMIGONADO, ALBAÑILERÍA, SOLADO Y ALICATADOS, ENFOSCADOS Y ENLUCIDOS, ESCAYOLAS:

- Cuerpos extraños en los ojos.
- Dermatitis por contacto con cemento.

PINTURAS:

- Cuerpos extraños en los ojos (gotas de pintura, motas de pigmentos).
- Riesgos derivados de trabajos en atmósferas nocivas (intoxicaciones).
- Contacto con sustancias corrosivas.
- Riesgos por rotura de mangueras de compresores.
- Contacto con energía eléctrica.

NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD Y PROTECCIONES COLECTIVAS:

- En caso de accidente laboral, es crucial que el trabajador lave la zona afectada con agua limpia y potable disponible en la obra, idealmente ubicada cerca del área de trabajo.
- Es esencial indicar claramente el camino más corto al centro de salud más cercano.

PROTECCIONES PERSONALES:

- Casco de polietileno para desplazamientos por la obra.
- Guantes largos de P.V.C. para manipular pinturas a mano.
- Mascarilla con filtro mecánico específico reemplazable para ambientes con polvo.
- Mascarilla con filtro químico específico reemplazable para atmósferas tóxicas por disolventes orgánicos.
- Gafas de seguridad antipartículas y gotas.
- Calzado antideslizante.
- Ropa de trabajo.
- Gorro protector para el cabello contra la pintura.

PUNTO 3- Trabajos en la proximidad de líneas eléctricas de alta tensión.

RIESGOS DETECTABLES MÁS COMUNES:

- Caída de personas al mismo nivel.
- Caída de personas a diferentes niveles.
- Cortes por el manejo de herramientas manuales.
- Cortes por el manejo de guías y conductores.
- Golpes por herramientas manuales.
- Electrocutación.

NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD Y PROTECCIONES COLECTIVAS:

- Si es necesario trabajar cerca de conductores o aparatos de alta tensión sin protección, se debe proceder de la siguiente manera:
 - a) Siguiendo las instrucciones específicas del jefe de trabajo para cada caso.
 - b) Bajo la supervisión del jefe de trabajo, quien debe garantizar que las medidas de seguridad establecidas se mantengan constantemente, delimitando la zona de trabajo y colocando pantallas protectoras si es necesario.
- Si, a pesar de las medidas de seguridad, persiste el peligro, será necesario solicitar autorización para trabajar en la instalación de alta tensión y cumplir con las normas del artículo 62. Estos trabajos también podrán realizarse en tensión si se siguen estrictamente las prescripciones del mismo artículo en su apartado 2.

PROTECCIONES PERSONALES:

- Guantes aislantes.
- Banquetas o alfombras aislantes.
- Vainas o caperuzas aislantes.
- Comprobadores o discriminadores de tensión.
- Herramientas aislantes.
- Material de señalización (discos, barreras, banderines, etc.).
- Lámparas portátiles.
- Transformadores de seguridad.
- Transformadores de separación de circuitos.

PUNTO 4- Obras de excavación de túneles, pozos y otros trabajos que impliquen movimientos de tierra subterráneos.

RIESGOS DETECTABLES MÁS COMUNES:

- Caídas desde el borde de la excavación.
- Niveles excesivos de ruido.
- Atropellamiento de personas.
- Vuelcos, choques y maniobras incorrectas de la maquinaria de excavación.
- Interferencias con conducciones subterráneas.
- Alteración de los flujos de tránsito habituales.

NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD Y PROTECCIONES COLECTIVAS:

- Antes de iniciar los trabajos, se inspeccionará la obra para detectar posibles grietas o movimientos del terreno.
- Está prohibido trabajar cerca de postes eléctricos que no sean estables.
- Se eliminarán los árboles o arbustos cuyas raíces queden al descubierto.
- No se permitirá la circulación de vehículos a menos de 2 metros del borde de la excavación.
- Se mantendrán los accesos internos libres de montículos de tierra y hoyos.
- Se señalará el perímetro de la excavación con balizas y vallas a una distancia mínima de 2 metros. Si el borde de la excavación queda dentro del área de trabajo y por un corto periodo, se podrá señalar esta distancia mínima de seguridad de 2 metros con yeso.
- Los trabajadores usarán botas impermeables de seguridad, casco y guantes.
- Se proporcionarán accesos provisionales para el tránsito rodado del vecindario, en la medida de lo posible.

PROTECCIONES PERSONALES:

- Trajes impermeables.
- Botas impermeables.
- Guantes.
- Casco homologado.

PUNTO 5- Trabajos que impliquen el uso de explosivos.

RIESGOS DETECTABLES MÁS COMUNES:

- Lesiones por ruidos.
- Caída de objetos durante la manipulación.

- Pisadas sobre objetos.
- Atrapamiento o aplastamiento por o entre objetos.
- Exposición a sustancias nocivas o tóxicas.
- Sobreesfuerzos, posturas inadecuadas o movimientos repetitivos.
- Lesiones por vibración y percusión.
- Proyección de partículas.
- Polvo.

NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD Y PROTECCIONES COLECTIVAS:

- En los centros de trabajo o recintos donde se fabriquen, depositen o manipulen sustancias explosivas, se cumplirán las normas establecidas en los reglamentos técnicos vigentes, y se extremarán las precauciones aislando los recintos peligrosos para mitigar los efectos de las explosiones.
- Para el almacenamiento, conservación, transporte, manipulación y uso de mechas, detonadores, pólvoras y explosivos en general, se implementarán los métodos y mecanismos adecuados, cumpliendo estrictamente con las normativas reglamentarias y las instrucciones especiales adicionales dictadas por la dirección técnica responsable en cada caso.
- Se prestará especial atención al deshielo de la dinamita, que deberá hacerse en baño María o de arena, previamente calentados y en lugares alejados de cualquier fuego abierto.
- Durante las voladuras, se tendrá especial cuidado en la carga y encendido de los barrenos, avisando de las descargas con suficiente antelación mediante tres toques largos y espaciados de corneta o sirena, para que el personal pueda ponerse a salvo. Se dispondrán pantallas, blindajes, vallas o galerías para proteger contra los fragmentos lanzados o detener su caída por las laderas del terreno. El personal no deberá regresar al lugar de trabajo hasta que se garantice la seguridad y un ambiente despejado y respirable, lo que será anunciado mediante otro toque de corneta o sirena.
- La detonación de los barrenos se hará, de ser posible, a una hora fija y fuera del horario laboral o durante los descansos. No se permitirá la circulación de personas en el área de acción de los barrenos desde cinco minutos antes de encender las mechas hasta que se confirme que todos han estallado y la dirección responsable indique que no hay peligro.

Trabajo Final de Máster

- Se procurará el uso de detonación eléctrica, así como de mechas y detonadores de seguridad.
- En caso de un barreno fallido, la carga y detonación de los siguientes cercanos se realizará con extremas precauciones.
- El personal encargado de la manipulación y uso de explosivos deberá ser experimentado y competente, con las cualidades personales necesarias para la responsabilidad de estas operaciones.

PROTECCIONES PERSONALES:

- Casco de polietileno.
- Ropa de trabajo.
- Guantes.
- Mascarilla.
- Gafas de protección.
- Protectores auditivos o tapones.

PUNTO 6- Trabajos que requieran montar o desmontar elementos prefabricados pesados.

RIESGOS DETECTABLES MÁS COMUNES:

ESTRUCTURAS:

- Riesgos en la manipulación de elementos prefabricados pesados.
- Desprendimientos por mal apilamiento.
- Golpes en las manos durante la manipulación con grúa.
- Caída de piezas al vacío durante la colocación.
- Caída de personas desde bordes o huecos en el forjado.
- Caída de personas al mismo nivel.
- Pisadas sobre objetos punzantes.
- Sobreesfuerzos por posturas inadecuadas.
- Golpes en general.
- Trabajo en superficies mojadas.

NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD Y PROTECCIONES COLECTIVAS:

- Está prohibido manipular estos elementos sin haber instalado o ajustado previamente redes de seguridad o barandillas para cubrir el riesgo de caída desde altura.

- El levantamiento de los elementos se realizará con una grúa torre o camiones-grúa, utilizando bateas estabilizadas en cuyo interior se colocarán los elementos ordenados y asegurados con flejes o cuerdas.
- Está prohibida la presencia de operarios en las zonas de carga durante las operaciones de izado.
- Se advertirá al personal sobre el riesgo de caída a distinto nivel cuando tengan que caminar sobre superficies de trabajo en altura.
- El acceso del personal a plantas altas se realizará mediante escaleras de mano reglamentarias o la escalera definitiva, simultáneamente con la instalación de los peldaños.
- Se instalarán barandillas reglamentarias en los bordes de los forjados o huecos para evitar caídas al vacío.
- Todos los huecos en el forjado deberán estar cubiertos para prevenir caídas a distintos niveles.
- Se mantendrá el orden y la limpieza en los tajos, eliminando materiales sobrantes y apilándolos en lugares designados para su posterior retirada.

PROTECCIONES PERSONALES

- Casco de polietileno.
- Guantes de cuero.
- Botas de seguridad o de goma, según el tipo de trabajo.
- Gafas de seguridad antiproyecciones.
- Ropa de trabajo.
- Mascarillas.

6.7.6.2 Riesgos catastróficos

ANALISIS Y PREVENCIÓN DE RIESGOS CATASTRÓFICOS

- El único riesgo catastrófico previsto es el incendio.
- Otros riesgos, como inundaciones, frío extremo, fuertes nevadas, movimientos sísmicos, vendavales, etc., no pueden preverse.
- En tales casos, se deberá suspender toda actividad de la obra. Antes de ello, y dependiendo de la sorpresa del evento, se debe asegurar que la maquinaria, andamios y otros elementos estén debidamente anclados, sujetos y/o protegidos para evitar accidentes directos e indirectos sobre personas y bienes.

Riesgo de incendios:

- El posible riesgo de incendio se abordará con las siguientes medidas:
- Realización de revisiones periódicas a la instalación eléctrica de la obra.
- Si no hay agua a presión o es insuficiente, se instalarán depósitos con suficiente agua para combatir posibles incendios.
- En incendios causados por líquidos, grasas, pinturas inflamables o polvos orgánicos, se usará solo agua pulverizada.
- No se usará agua para extinguir fuegos en polvos de aluminio o magnesio, ni en presencia de carburo de calcio u otras sustancias que reaccionen explosivamente o produzcan gases inflamables o nocivos al contacto con el agua.
- En incendios que afecten a instalaciones eléctricas con tensión, se prohibirá el uso de extintores de espuma química, soda ácida o agua.
- Es obligatorio el uso de guantes, manoplas, mandiles o trajes ignífugos, y calzado especial contra incendios proporcionado por las empresas para uso individual.

Cieza, a 23 de septiembre de 2.024

El Ingeniero Industrial,



Plácido Sánchez Ballesteros

Ingeniero Industrial

Colegiado nº 7.051

6.8 Justificación de precios

Anejo de justificación de precios

1	IEF002	Ud	Estructura soporte para módulo solar fotovoltaico, de aluminio, sobre cubierta plana. Incluso accesorios de montaje y elementos de fijación. Incluye: Replanteo. Montaje y fijación. Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.		
	mt35sol1005	10,000 Kg	Perfilería de aluminio EN AW6005A T6.	3,000	30,00
	mo003	1,313 h	Ayudante electricista.	12,000	15,76
	mo102	1,140 h	Oficial 1ª electricista.	20,980	22,80
	%	2,000 %	Costes directos complementarios	68,560	1,37
		3,000 %	Costes indirectos	69,930	2,100
Total por Ud					72,03

Son SETENTA Y DOS EUROS CON TRES CÉNTIMOS por Ud.

2	IEF002b	Ud	Base de hormigon prefabricado 50x20x15cm de 11,5 kg/ud fijados sobre cubierta mediante espuma de poliuretano especial agarre. Un taladro en cada base para taco SX 10mm.para fijación soporte inclinación. Incluye: Replanteo. Montaje y fijación. Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.		
---	---------	----	--	--	--

Trabajo Final de Máster

mt35sol005	1,000 Ud	Base de hormigon prefabricado 50x20x15cm de 11,5kg/ud fijados sobre cubierta mediante espuma de poliuretano especial agarre.	6,000	6,00
mo003	0,018 h	Ayudante de electricista.	12,000	0,22
mo102	0,018 h	Oficial 1ª electricista.	20,980	0,38
%	2,000 %	Costes directos complementarios	6,600	0,13
	3,000 %	Costes indirectos	6,730	0,200
Total por Ud				6,93

Son SEIS EUROS CON NOVENTA Y TRES CÉNTIMOS por Ud.

- 3 IEF010 Ud El módulo solar fotovoltaico bifacial de alta eficiencia tipo n, serie JAM66D42 o equivalente de 580W. El módulo está compuesto por 132 células (dispuestas en una matriz de 6x22), fabricados con tecnología tipo ny 16BB. Sus dimensiones son 2278 mm de largo por 1134 mm de ancho y 30 mm de espesor, con un vidrio templado de 2 mm en ambas caras, lo que garantiza durabilidad y resistencia en condiciones ambientales adversas. Funciona a temperaturas que van desde los -40°C hasta los 85°C, soportando una carga de viento de hasta 2400 Pa y una carga de nieve de hasta 5400 Pa, lo que lo hace adecuado para zonas con climas extremos. Su peso es de 31,8 kg.
- El módulo cuenta con una caja de conexiones con protección IP68 y 3 diodos, que asegura un correcto funcionamiento bajo diferentes condiciones climáticas. Los cables tienen una sección transversal de 4 mm², con longitudes de 300 mm (+) y 400 mm (-) para las conexiones verticales, y 1300 mm tanto para el positivo como para el negativo en conexiones horizontales. Los conectores son del tipo MC4-EVO2.
- El suministro del módulo incluye su colocación, fijación, conexión eléctrica y comprobación del correcto funcionamiento de todo el.
- En cuanto al criterio de medición para el proyecto, se tomará la superficie de acuerdo con la documentación gráfica sin duplicar esquinas ni encuentros, y deduciendo todos los huecos. En obra, la medición se realizará sobre la superficie realmente ejecutada, siguiendo las especificaciones del proyecto, aplicando las mismas reglas para esquinas, encuentros y huecos.

mt35sol320aaaa	1,572 Ud	módulo solar fotovoltaico bifacial de alta eficiencia tipo n, serie JAM66D42 o equivalente de 580W. El módulo está compuesto por 132 células (dispuestas en una matriz de 6x22), fabricados con tecnología tipo ny 16BB. Sus dimensiones son 2278 mm de largo por 1134 mm de ancho y 30 mm de espesor, con un vidrio templado de 2 mm en ambas caras, lo que garantiza durabilidad y resistencia en condiciones ambientales adversas. Funciona a temperaturas que van desde los -40°C hasta los 85°C, soportando una carga de viento de hasta 2400 Pa y una carga de nieve de hasta 5400 Pa, lo que lo hace adecuado para zonas con climas extremos. Su peso es de 31,8 kg.	38,800	60,99
mt35azi100a	1,000 Ud	Repercusión por m ² de accesorios de montaje con ganchos de módulo fotovoltaico.	25,000	25,00
mt35azi110	1,000 Ud	Repercusión por m ² de material eléctrico para conexión de módulo fotovoltaico.	38,000	38,00
mo003	0,514 h	Ayudante electricista.	12,000	6,17
mo102	0,514 h	Oficial 1ª electricista.	20,980	10,78
%	2,000 %	Costes directos complementarios	140,940	2,82
	3,000 %	Costes indirectos	143,760	4,310
Total por Ud				<u>148,07</u>

Son CIENTO CUARENTA Y OCHO EUROS CON SIETE CÉNTIMOS por Ud.

Trabajo Final de Máster

4	IEF020	Ud	<p>Inversor trifásico, potencia máxima de entrada 110 kW, voltaje de entrada máximo 1100 Vcc, rango de voltaje de entrada de 200 a 1000 Vcc, potencia nominal de salida 100 kW, potencia máxima de salida 110kVA, eficiencia máxima 98.8%, dimensiones 1035x700x365 mm, con comunicación vía Wi-Fi para control remoto desde un smartphone, tablet o PC, puertos Ethernet y RS-485, y protocolo de comunicación Modbus. Incluso accesorios necesarios para su correcta instalación.</p> <p>Incluye: Montaje, fijación y nivelación. Conexión y comprobación de su correcto funcionamiento.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>
---	--------	----	--

mt35ifg020e	1,000 Ud	Inversor trifásico, potencia máxima de entrada 110 kW, voltaje de entrada máximo 1100 Vcc, rango de voltaje de entrada de 200 a 1000 Vcc, potencia nominal de salida 100 kW, potencia máxima de salida 110kVA, eficiencia máxima 98.8%, dimensiones 1035x700x365 mm, con comunicación vía Wi-Fi para control remoto desde un smartphone, tablet o PC, puertos Ethernet y RS-485, y protocolo de comunicación Modbus.	4.225,000	4.225,00
mo003	0,300 h	Ayudante electricista.	12,000	3,60
mo102	0,300 h	Oficial 1ª electricista.	20,980	6,29
%	2,000 %	Costes directos complementarios	4.234,890	84,70
	3,000 %	Costes indirectos	4.319,590	129,590
Total por Ud				4.449,18

Son CUATRO MIL CUATROCIENTOS CUARENTA Y NUEVE EUROS CON DIECIOCHO CÉNTIMOS por Ud.

- 5 IEH012 m Cable unipolar RV-K, siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 6 mm² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de PVC (V). Incluso accesorios y elementos de sujeción.
- Incluye: Tendido del cable. Conexionado. Comprobación de su correcto funcionamiento.
- Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.
- Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.

mt35cun030c	1,000 m	Cable unipolar RV-K, siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca según UNE-EN 50575, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 6 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de PVC (V). Según UNE 21123-2.	1,360	1,36
mo003	0,040 h	Ayudante electricista.	12,000	0,48
mo102	0,040 h	Oficial 1 ^a electricista.	20,980	0,84
%	2,000 %	Costes directos complementarios	2,680	0,05
	3,000 %	Costes indirectos	2,730	0,080
			Total por m	2,81

Son DOS EUROS CON OCHENTA Y UN CÉNTIMOS por m.

- 7 IEH012b m Cable unipolar XZ1 (S), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de aluminio clase 2 de 120 mm² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (X) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos (Z1). Incluso accesorios y elementos de sujeción.
- Incluye: Tendido del cable. Conexionado. Comprobación de su correcto funcionamiento.
- Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.
- Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.

Trabajo Final de Máster

mt35cun110h	1,000 m	Cable unipolar XZ1 (S), siendo su tensión asignada de 0,6/1 KV, reacción al fuego clase Eca según UNE-EN 50575, con conductor de aluminio clase 2 de 120 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (X) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos (Z1). Según IEC 60502-1.	2,990	2,99
mo003	0,115 h	Ayudante electricista.	12,000	1,38
mo102	0,115 h	Oficial 1ª electricista.	20,980	2,41
%	2,000 %	Costes directos complementarios	6,780	0,14
	3,000 %	Costes indirectos	6,920	0,210
Total por m				7,13

Son SIETE EUROS CON TRECE CÉNTIMOS por m.

8	IEI040	Ud	Legalización de la instalación incluyendo certificado de instalador e inspección inicial por organismo de control y la ejecución de las condiciones técnicas determinadas por la compañía distribuidora, incluyendo la elaboración y colocación del cartel informativo de la ejecución de la instalación, según formato e indicaciones del IVACE.		
	mt35cgm040m	1,000 Ud	Licencia.	951,830	951,83
	%	2,000 %	Costes directos complementarios	951,830	19,04
		3,000 %	Costes indirectos	970,870	29,130
Total por Ud				1.000,00	

Son MIL EUROS por Ud.

9	IEL010	Ud	Medidas para el tratamiento de residuos de la obra.		
	mt01ara010a	3,000 Ud	Tratamiento de residuos, alquiler de contenedor de restos de obra y transporte mediante camión al vertedero.	364,313	1062,94
	mo020	0,812 h	Oficial 1ª construcción.	22,130	17,97

mol13	0,812 h	Peón ordinario construcción.	20,780	16,87
mo003	1,502 h	Ayudante electricista.	12,000	18,02
mol02	1,259 h	Oficial 1ª electricista.	20,980	26,41
%	2,000 %	Costes directos complementarios	1.142,210	22,84
	3,000 %	Costes indirectos	1.165,050	34,950
Total por m				1.200,00

Son MIL DOSCIENTOS EUROS por m.

10	IEO010	m	<p>Pasacables de alta resistencia fabricado en caucho y polipropileno. Diseño en colores negro y amarillo. Según UNE-EN 61537.</p> <p>Incluye: Replanteo. Colocación y fijación de la bandeja.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>		
	mt35ait030bc	1,000 m	<p>Pasacables de alta resistencia fabricado en caucho y polipropileno, diseño en colores negro y amarillo. Elemento recto y rígido que facilita la organización y protección de cables, incluso accesorios. Según UNE-EN 61537.</p>	18,133	18,13
	mo003	0,168 h	Ayudante electricista.	12,000	2,02
	mol02	0,168 h	Oficial 1ª electricista.	20,980	3,52
	%	2,000 %	Costes directos complementarios	23,670	0,47
		3,000 %	Costes indirectos	24,140	0,720
Total por m					24,86

Son VEINTICUATRO EUROS CON OCHENTA Y SEIS CÉNTIMOS por m.

12 IEP025 m Conductor de tierra formado por cable rígido desnudo de cobre trenzado, de 35 mm² de sección. Incluso uniones realizadas con soldadura aluminotérmica, grapas y bornes de unión. Totalmente montado, conexionado y probado.

Incluye: Replanteo del recorrido. Tendido del conductor de tierra. Conexionado del conductor de tierra mediante bornes de unión.

Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.

Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.

mt35ttc010b	1,000 m	Conductor de cobre desnudo, de 35 mm ² .	2,810	2,81
mt35www020	0,100 Ud	Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra.	1,150	0,12
mo003	0,100 h	Oficial 1 ^a electricista.	12,000	1,20
%	2,000 %	Costes directos complementarios	4,130	0,08
	3,000 %	Costes indirectos	4,210	0,130
Total por m				4,34

Son CUATRO EUROS CON TREINTA Y CUATRO CÉNTIMOS por m.

13 IEX025 Ud Interruptor en carga, tetrapolar (4P), intensidad nominal 125 A, tensión de aislamiento (Ui) 500 V, impulso de tensión máximo (Uimp) 6 kV, intensidad de cortocircuito (Icw) 2500 A durante 1 s, vida útil en vacío 50000 maniobras, vida útil en carga 2500 maniobras, de 72x82x70 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm). Totalmente montado, conexionado y probado.

Incluye: Montaje y conexionado del elemento.

Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

Trabajo Final de Máster

mt35ase713ff	1,000 Ud	Interruptor en carga, tetrapolar (4P), intensidad nominal 125 A, tensión de aislamiento (Ui) 500 V, impulso de tensión máximo (Uimp) 6 kV, intensidad de cortocircuito (Icw) 2500 A durante 1 s, vida útil en vacío 50000 maniobras, vida útil en carga 2500 maniobras, de 72x82x70 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm), según UNE-EN 60947-3.	177,130	177,13
mo003	0,350 h	Oficial 1ª electricista.	12,000	4,20
%	2,000 %	Costes directos complementarios	181,330	3,63
	3,000 %	Costes indirectos	184,960	5,550
Total por Ud				190,51

Son CIENTO NOVENTA EUROS CON CINCUENTA Y UN CÉNTIMOS por Ud.

14 IEX076 Ud Protector contra sobretensiones transitorias, de 4 módulos, tetrapolar (4P), tipo 2 (onda 8/20 μ s), nivel de protección 2 kV, intensidad máxima de descarga 100 kA, de 144x93x65,5 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras. Totalmente montado, conexionado y probado.

Incluye: Montaje y conexionado del elemento.

Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

mt35amc321ce	1,000 Ud	Descargador de Sobretensiones SPD Clase II	224,000	224,00
mo003	0,350 h	Oficial 1ª electricista.	12,000	4,20
%	2,000 %	Costes directos complementarios	228,200	4,56
	3,000 %	Costes indirectos	232,760	6,980
Total por Ud				239,74

Son DOSCIENTOS TREINTA Y NUEVE EUROS CON SETENTA Y CUATRO CÉNTIMOS por Ud.

15	IEX300	Ud	<p>Conjunto fusible, formado por fusible cilíndrico, curva gG, intensidad nominal 16 A, poder de corte 100 kA, tamaño 8,5x31,5 mm y base modular para fusibles cilíndricos, unipolar (1P), intensidad nominal 63 A. Totalmente montado, conexionado y probado.</p> <p>Incluye: Montaje y conexionado del elemento.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>		
	mt35amc800aff	1,000 Ud	Fusible cilíndrico, curva gG, intensidad nominal 16 A, poder de corte 100 kA, tamaño 8,5x31,5 mm, según UNE-EN 60269-1.	3,600	3,60
	mt35amc810a	1,000 Ud	Base modular para fusibles cilíndricos, unipolar (1P), intensidad nominal 32 A, según UNE-EN 60269-1.	4,290	4,29
	mo003	0,200 h	Oficial 1ª electricista.	12,000	2,40
	%	2,000 %	Costes directos complementarios	10,290	0,21
		3,000 %	Costes indirectos	10,500	0,320
			Total por Ud		10,82

Son DIEZ EUROS CON OCHENTA Y DOS CÉNTIMOS por Ud.

16	IEX405	Ud	<p>Armario de distribución metálico, de superficie, con puerta transparente, grado de protección IP40, aislamiento clase II, para 192 módulos, en 8 filas, con emplazamiento para un kit de equipamiento en dos filas, de 1350x580x95 mm, con carril DIN, cierre con llave, acabado con pintura epoxi y techo y suelo desmontables. Totalmente montado.</p> <p>Incluye: Colocación y fijación del elemento.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>		
----	--------	----	---	--	--

Trabajo Final de Máster

mt35amc940phov	1,000 Ud	Armario de distribución metálico, de superficie, con puerta transparente, grado de protección IP40, aislamiento clase II, para 192 módulos, en 8 filas, con emplazamiento para un kit de equipamiento en dos filas, de 1350x580x95 mm, con carril DIN, cierre con llave, acabado con pintura epoxi y techo y suelo desmontables, incluso accesorios de montaje, según UNE-EN 60670-1.	756,700	756,70
mo003	0,392 h	Oficial 1ª electricista.	12,000	4,70
%	2,000 %	Costes directos complementarios	761,400	15,23
	3,000 %	Costes indirectos	776,630	23,300
Total por Ud				799,93

Son SETECIENTOS NOVENTA Y NUEVE EUROS CON NOVENTA Y TRES CÉNTIMOS por Ud.

17 IUC020 Ud Dispositivo de calibrado FRONIUS Smart Meter o equivalente. Incluido el cableado de conexión, elementos auxiliares, accesorios y pequeño material. Instalado, conexionado, programado y probado incluso certificación de funcionamiento. Incluye: Montaje, fijación y nivelación.

Conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento.

Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

mt35amt010a	1,000 Ud	Dispositivo de calibrado FRONIUS Smart Meter o equivalente. Incluido el cableado de conexión, elementos auxiliares, accesorios y pequeño material. Instalado, conexionado, programado y probado incluso certificación de funcionamiento.	350,000	350,00
mo003	2,200 h	Ayudante electricista.	12,000	26,40
mo102	2,200 h	Oficial 1ª electricista.	20,980	46,16

%	2,000 %	Costes complementarios	directos	422,560	8,45
	3,000 %	Costes indirectos		431,010	12,930
					443,94
			Total por Ud		443,94

Son CUATROCIENTOS CUARENTA Y TRES EUROS CON NOVENTA Y CUATRO CÉNTIMOS por Ud.

18	IUC030	Ud	Cuadro de protección TOSCANO modelo ECO-DC-INV con protección para sobretensiones transitorias DC, Base portafusibles y fusibles 15A, Conectores MC4 en entradas y salidas. IP65. Incluye: Replanteo. Colocación, fijación conexionado y probado. Totalmente instalado. Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.		
mt35abt010		1,000 Ud	Cuadro de protección TOSCANO modelo ECO-DC-INV con protección para sobretensiones transitorias DC, Base portafusibles y fusibles 15A, Conectores MC4 en entradas y salidas. IP65.	95,000	95,00
mo003		2,200 h	Ayudante electricista.	12,000	26,40
mo102		2,200 h	Oficial 1ª electricista.	20,980	46,16
%	2,000 %	Costes complementarios	directos	167,560	3,35
	3,000 %	Costes indirectos		170,910	5,130
					176,04
			Total por Ud		176,04

Son CIENTO SETENTA Y SEIS EUROS CON CUATRO CÉNTIMOS por Ud.

6.9 Cuadro de precios

6.9.1 Cuadro de mano de obra

Cuadro de mano de obra

1 mo020	Oficial 1ª construcción.	22,130	1,112 h	24,61
2 mo102	Oficial 1ª electricista.	20,980	1.126,637 h	23.638,66
3 mo113	Peón ordinario construcción.	20,780	1,112 h	23,10
4 mo003	Ayudante electricista.	12,000	1.161,656 h	13.945,96
Total mano de obra:				37.632,33

6.9.2 Cuadro de maquinaria

No procede.

6.9.3 Cuadro de materiales

Cuadro de materiales

1 mt35ifg020e	Inversor trifásico, potencia máxima de entrada 110 kW, voltaje de entrada máximo 1100 Vcc, rango de voltaje de entrada de 200 a 1000 Vcc, potencia nominal de salida 100 kW, potencia máxima de salida 110kVA, eficiencia máxima 98.8%, dimensiones 1035x700x365 mm, con comunicación via Wi-Fi para control remoto desde un smartphone, tablet o PC, puertos Ethernet y RS-485, y protocolo de comunicación Modbus.	4.225,000	2,000 Ud	8.450,00
2 mt35amc940phov	Armario de distribución metálico, de superficie, con puerta transparente, grado de protección IP40, aislamiento clase II, para 192 módulos, en 8 filas, con emplazamiento para un kit de equipamiento en dos filas, de 1350x580x95 mm, con carril DIN, cierre con llave, acabado con pintura epoxi y techo y suelo desmontables, incluso accesorios de montaje, según UNE-EN 60670-1.	756,700	2,000 Ud	1.513,40

3 mt35cgp020hi	Caja general de protección, equipada con bornes de conexión, bases unipolares previstas para colocar fusibles de intensidad máxima 630 A, esquema 7, para protección de la línea general de alimentación, formada por una envolvente aislante, precintable y autoventilada, según UNE-EN 60439-1, grado de inflamabilidad según se indica en UNE-EN 60439-3, con grados de protección IP43 según UNE 20324 e IK08 según UNE-EN 50102.	537,390	1,000 Ud	537,39
4 mt35amt010a	Dispositivo de calibrado FRONIUS Smart Meter o equivalente. Incluido el cableado de conexión, elementos auxiliares, accesorios y pequeño material. Instalado, conexionado, programado y probado incluso certificación de funcionamiento.	350,000	1,000 Ud	350,00
5 mt35cun01011	Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-slb,d1,al según UNE-EN 50575, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 95 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Según UNE 21123-4.	229,867	3,000 m	689,60
6 mt35amc321ce	Descargador de Sobretensiones SPD Clase II	224,000	2,000 Ud	448,00
12 mt35abt010	Cuadro de protección TOSCANO modelo ECO-DC-INV con protección para sobretensiones trnsitorias DC, Base portafusibles y fusibles 15A, Conectores MC4 en entradas y salidas. IP65.	95,000	18,000 Ud	1.710,00
13 mt35cgm021abeap	Interruptor general automático (IGA), de 4 módulos, tetrapolar (4P), con 6 kA de poder de corte, de 63 A de intensidad nominal, curva C, incluso accesorios de montaje. Según UNE-EN 60898-1.	48,155	1,000 Ud	48,16
14 mt35sol320aaaa	módulo solar fotovoltaico bifacial de alta eficiencia tipo n, serie JAM66D42 o equivalente de 580W. El módulo está compuesto por 132 células (dispuestas en una matriz de 6x22), fabricados con tecnología tipo ny 16BB. Sus dimensiones son 2278 mm de largo por 1134 mm de ancho y 30 mm de espesor, con un vidrio templado de 2 mm en ambas caras, lo que garantiza durabilidad y resistencia en condiciones ambientales adversas. Funciona a temperaturas que van desde los -40°C hasta los 85°C, soportando una carga de viento de hasta 2400 Pa y una carga de nieve de hasta 5400 Pa, lo que lo hace adecuado para zonas con climas extremos. Su peso es de 31,8 kg.	38,800	565,920 Ud	21.956,40

Trabajo Final de Máster

15 mt35azi110	Repercusión por m ² de material eléctrico para conexión de módulo fotovoltaico.	38,000	360,000 Ud	13.680,00
17 mt35azi100a	Repercusión por m ² de accesorios de montaje con ganchos de módulo fotovoltaico.	25,000	360,000 Ud	9.000,00
20 mt35ait030bc	Pasacables de alta resistencia fabricado en caucho y polipropileno, diseño en colores negro y amarillo. Elemento recto y rígido que facilita la organización y protección de cables, incluso accesorios. Según UNE-EN 61537.	18,133	354,000 m	6.418,02
21 mt35une001a	Bandeja perforada de PVC, color gris RAL 7035, de 60x75 mm, resistencia al impacto 5 julios, propiedades eléctricas: aislante, no propagador de la llama, estable frente a los rayos UV y con buen comportamiento a la intemperie y frente a la acción de los agentes químicos, según UNE-EN 61537, suministrada en tramos de 3 m de longitud, para soporte y conducción de cables eléctricos.	11,310	90,000 m	1.017,90
22 mt35une015ba	Soporte horizontal, de compuesto termoplástico libre de halógenos, color gris RAL 7035, con tornillos con tuerca de PVC.	8,650	60,030 Ud	519,30
23 mt35cgm040m	Caja empotrable con puerta opaca, para alojamiento del interruptor de control de potencia (ICP) en compartimento independiente y precintable y de los interruptores de protección de la instalación, 1 fila de 4 módulos (ICP) + 2 filas de 24 módulos. Fabricada en ABS autoextinguible, con grado de protección IP40, doble aislamiento (clase II), color blanco RAL 9010. Según UNE-EN 60670-1.	6,459	1,000 Ud	6,46
24 mt35sol005	Base de hormigon prefabricado 50x20x15cm de 11,5kg/ud fijados sobre cubierta mediante espuma de poliuretano especial agarre.	6,000	1.800,000 Ud	10.800,00
25 mt35cgp040h	Tubo de PVC liso, serie B, de 160 mm de diámetro exterior y 3,2 mm de espesor, según UNE-EN 1329-1.	5,440	3,000 m	16,32
27 mt35amc810a	Base modular para fusibles cilíndricos, unipolar (1P), intensidad nominal 32 A, según UNE-EN 60269-1.	4,290	72,000 Ud	308,88
30 mt35amc800aff	Fusible cilíndrico, curva gG, intensidad nominal 16 A, poder de corte 100 kA, tamaño 8,5x31,5 mm, según UNE-EN 60269-1.	3,600	72,000 Ud	259,20
35 mt35cun110h	Cable unipolar XZ1 (S), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca según UNE-EN 50575, con conductor de aluminio clase 2 de 120 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (X) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos (Z1). Según IEC 60502-1.	2,990	240,000 m	717,60

36 mt35cgm021bbbad	Interruptor automático magnetotérmico, de 2 módulos, bipolar (2P), con 6 kA de poder de corte, de 16 A de intensidad nominal, curva C, incluso accesorios de montaje. Según UNE-EN 60898-1.	2,918	3,000 Ud	8,75
38 mt35ttc010b	Conductor de cobre desnudo, de 35 mm ² .	2,810	60,000 m	168,60
43 mt35www010	Material auxiliar para instalaciones eléctricas.	1,480	7,200 Ud	10,66
44 mt35cun030c	Cable unipolar RV-K, siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca según UNE-EN 50575, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 6 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de PVC (V). Según UNE 21123-2.	1,360	2.090,000 m	2.842,40
45 mt35www020	Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra.	1,150	6,000 Ud	7,20
46 mt35caj020b	Caja de derivación para empotrar de 105x165 mm, con grado de protección normal, regletas de conexión y tapa de registro.	0,536	4,000 Ud	2,14
48 mt35cun020d	Cable unipolar H07Z1-K (AS), siendo su tensión asignada de 450/750 V, reacción al fuego clase B2ca-sla,d1,a1 según UNE-EN 50575, con conductor multifilar de cobre clase 5 (-K) de 6 mm ² de sección, con aislamiento de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Según UNE 211025.	0,361	651,000 m	235,01

Total materiales: 83.359,42

6.9.4 Cuadro de precios nº1

Cuadro de precios nº 1

1	<p>Ud Contador de energía trifásico bidireccional para energía solar. medida hasta 250 kw.. Totalmente montada, conexiónada y probada.</p> <p>Incluye: Replanteo de la situación de los conductos y anclajes de la caja. Fijación. Colocación de tubos y piezas especiales. Conexiónado.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	1.150,75	MIL CIENTO CINCUENTA EUROS CON SETENTA Y CINCO CÉNTIMOS
2	<p>Ud Medidas para la aplicación de las medidas de seguridad y salud</p>	854,37	OCHOCIENTOS CINCUENTA Y CUATRO EUROS CON TREINTA Y SIETE CÉNTIMOS
3	<p>Ud Estructura soporte para módulo solar fotovoltaico, de aluminio sobre cubierta plana. Incluso accesorios de montaje y elementos de fijación.</p> <p>Incluye: Replanteo. Montaje y fijación.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	72,03	SETENTA Y DOS EUROS CON TRES CÉNTIMOS
4	<p>Ud Base de hormigon prefabricado 50x20x15cm de 11,5kg/ud</p> <p>fijados sobre cubierta mediante espuma de poliuretano</p> <p>especial agarre. Un taladro en cada base para taco SX</p> <p>10mm.para fijación soporte inclinación.</p> <p>Incluye: Replanteo. Montaje y fijación.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	6,93	SEIS EUROS CON NOVENTA Y TRES CÉNTIMOS

<p>5</p>	<p>Ud El módulo solar fotovoltaico bifacial de alta eficiencia tipo n, serie JAM66D42 o equivalente de 580W. El módulo está compuesto por 132 células (dispuestas en una matriz de 6x22), fabricados con tecnología tipo ny 16BB. Sus dimensiones son 2278 mm de largo por 1134 mm de ancho y 30 mm de espesor, con un vidrio templado de 2 mm en ambas caras, lo que garantiza durabilidad y resistencia en condiciones ambientales adversas. Funciona a temperaturas que van desde los -40°C hasta los 85°C, soportando una carga de viento de hasta 2400 Pa y una carga de nieve de hasta 5400 Pa, lo que lo hace adecuado para zonas con climas extremos. Su peso es de 31,8 kg.</p> <p>El módulo cuenta con una caja de conexiones con protección IP68 y 3 diodos, que asegura un correcto funcionamiento bajo diferentes condiciones climáticas. Los cables tienen una sección transversal de 4 mm², con longitudes de 300 mm (+) y 400 mm (-) para las conexiones verticales, y 1300 mm tanto para el positivo como para el negativo en conexiones horizontales. Los conectores son del tipo MC4-EVO2.</p> <p>El suministro del módulo incluye su colocación, fijación, conexión eléctrica y comprobación del correcto funcionamiento de todo el.</p> <p>En cuanto al criterio de medición para el proyecto, se tomará la superficie de acuerdo con la documentación gráfica sin duplicar esquinas ni encuentros, y deduciendo todos los huecos. En obra, la medición se realizará sobre la superficie realmente ejecutada, siguiendo las especificaciones del proyecto, aplicando las mismas reglas para esquinas, encuentros y huecos.</p>	<p>148,07</p>	<p>CIENTO CUARENTA Y OCHO EUROS CON SIETE CÉNTIMOS</p>
<p>6</p>	<p>Ud Inversor trifásico, potencia máxima de entrada 110 kW, voltaje de entrada máximo 1100 Vcc, rango de voltaje de entrada de 200 a 1000 Vcc, potencia nominal de salida 100 kW, potencia máxima de salida 110kVA, eficiencia máxima 98.8%, dimensiones 1035x700x365 mm, con comunicación vía Wi-Fi para control remoto desde un smartphone, tablet o PC, puertos Ethernet y RS-485, y protocolo de comunicación Modbus. Incluso accesorios necesarios para su correcta instalación.</p> <p>Incluye: Montaje, fijación y nivelación. Conexión y comprobación de su correcto funcionamiento.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	<p>4.449,18</p>	<p>CUATRO MIL CUATROCIENTOS CUARENTA Y NUEVE EUROS CON DIECIOCHO CÉNTIMOS</p>

Trabajo Final de Máster

7	<p>Ud Armario monobloc de poliéster reforzado con fibra de vidrio, de 400x400x200 mm, color gris RAL 7035, con grados de protección IP66 e IK10. Instalación en superficie.</p> <p>Incluye: Replanteo. Colocación y fijación.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	80,90	OCHENTA EUROS CON NOVENTA CÉNTIMOS
8	<p>m Cable unipolar RV-K, siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 6 mm² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de PVC (V). Incluso accesorios y elementos de sujeción.</p> <p>Incluye: Tendido del cable. Conexionado. Comprobación de su correcto funcionamiento.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>	2,81	DOS EUROS CON OCHENTA Y UN CÉNTIMOS
9	<p>m Cable unipolar XZ1 (S), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de aluminio clase 2 de 120 mm² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (X) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos (Z1). Incluso accesorios y elementos de sujeción.</p> <p>Incluye: Tendido del cable. Conexionado. Comprobación de su correcto funcionamiento.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>	7,13	SIETE EUROS CON TRECE CÉNTIMOS
10	<p>Ud Legalización de la instalación incluyendo certificado de instalador e inspección inicial por organismo de control y la ejecución de las condiciones técnicas determinadas por la compañía distribuidora, incluyendo la elaboración y colocación del cartel informativo de la ejecución de la instalación, según formato e indicaciones del IVACE.</p>	1.000,00	MIL EUROS
11	<p>m Medidas para el tratamiento de residuos de la obra.</p>	1.200,00	MIL DOSCIENTOS EUROS

13	<p>m Línea general de alimentación fija en superficie, que enlaza la caja general de protección con la centralización de contadores, formada por cables unipolares con conductores de aluminio, RZ1-K (AS) Cca-s1b,d1,a1 4x120+1G35 mm², siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, bajo tubo protector de PVC liso de 110 mm de diámetro. Incluso accesorios y elementos de sujeción. Totalmente montada, conexiónada y probada.</p> <p>Incluye: Replanteo y trazado de la línea. Colocación y fijación del tubo. Tendido de cables. Conexiónada.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>	46,51	CUARENTA Y SEIS EUROS CON CINCUENTA Y UN CÉNTIMOS
14	<p>Pasacables de alta resistencia fabricado en caucho y polipropileno. Diseño en colores negro y amarillo. Según UNE-EN 61537.</p> <p>Incluye: Replanteo. Colocación y fijación de la bandeja.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>	24,86	VEINTICUATRO EUROS CON OCHENTA Y SEIS CÉNTIMOS
15	<p>m Bandeja perforada de PVC, color gris RAL 7035, de 60x75 mm, resistencia al impacto 5 julios, propiedades eléctricas: aislante, no propagador de la llama, estable frente a los rayos UV y con buen comportamiento a la intemperie y frente a la acción de los agentes químicos, con 1 compartimento, con soporte horizontal, de compuesto termoplástico libre de halógenos, color gris RAL 7035.</p> <p>Incluye: Replanteo. Fijación del soporte. Colocación y fijación de la bandeja.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>	27,09	VEINTISIETE EUROS CON NUEVE CÉNTIMOS
16	<p>m Conductor de tierra formado por cable rígido desnudo de cobre trenzado, de 35 mm² de sección. Incluso uniones realizadas con soldadura aluminotérmica, grapas y bornes de unión. Totalmente montado, conexiónada y probado.</p> <p>Incluye: Replanteo del recorrido. Tendido del conductor de tierra. Conexiónada del conductor de tierra mediante bornes de unión.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>	4,34	CUATRO EUROS CON TREINTA Y CUATRO CÉNTIMOS

Trabajo Final de Máster

17	<p>Ud Interruptor en carga, tetrapolar (4P), intensidad nominal 125 A, tensión de aislamiento (Ui) 500 V, impulso de tensión máximo (Uimp) 6 kV, intensidad de cortocircuito (Icw) 2500 A durante 1 s, vida útil en vacío 50000 maniobras, vida útil en carga 2500 maniobras, de 72x82x70 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm). Totalmente montado, conexionado y probado.</p> <p>Incluye: Montaje y conexionado del elemento.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	190,51	CIENTO NOVENTA EUROS CON CINCUENTA Y UN CÉNTIMOS
18	<p>Ud Protector contra sobretensiones transitorias, de 4 módulos, tetrapolar (4P), tipo 2 (onda 8/20 µs), nivel de protección 2 kV, intensidad máxima de descarga 100 kA, de 144x93x65,5 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras. Totalmente montado, conexionado y probado.</p> <p>Incluye: Montaje y conexionado del elemento.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	239,74	DOSCIENTOS TREINTA Y NUEVE EUROS CON SETENTA Y CUATRO CÉNTIMOS
19	<p>Ud Conjunto fusible, formado por fusible cilíndrico, curva gG, intensidad nominal 16 A, poder de corte 100 kA, tamaño 8,5x31,5 mm y base modular para fusibles cilíndricos, unipolar (1P), intensidad nominal 63 A. Totalmente montado, conexionado y probado.</p> <p>Incluye: Montaje y conexionado del elemento.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	10,82	DIEZ EUROS CON OCHENTA Y DOS CÉNTIMOS
20	<p>Ud Armario de distribución metálico, de superficie, con puerta transparente, grado de protección IP40, aislamiento clase II, para 192 módulos, en 8 filas, con emplazamiento para un kit de equipamiento en dos filas, de 1350x580x95 mm, con carril DIN, cierre con llave, acabado con pintura epoxi y techo y suelo desmontables. Totalmente montado.</p> <p>Incluye: Colocación y fijación del elemento.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	799,93	SETECIENTOS NOVENTA Y NUEVE EUROS CON NOVENTA Y TRES CÉNTIMOS

22	<p>Ud Cuadro de protección TOSCANO modelo ECO-DC-INV con protección para sobretensiones trnsitorias DC, Base portafusibles y fusibles 15A, Conectores MC4 en entradas y salidas. IP65.</p> <p>Incluye: Replanteo. Colocación, fijación conexionado y probado. Totalmente instalado.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	176,04 CIENTO SETENTA Y SEIS EUROS CON CUATRO CÉNTIMOS
----	---	--



6.9.5 Cuadro de precios nº2

Cuadro de precios nº 2

Advertencia: Los precios del presente cuadro se aplicarán única y exclusivamente en los casos que sea preciso abonar obras incompletas cuando por rescisión u otra causa no lleguen a terminarse las contratadas, sin que pueda pretenderse la valoración de cada unidad de obra fraccionada en otra forma que la establecida en dicho cuadro.

1 INSTALACIÓN			
1.1	<p>Ud El módulo solar fotovoltaico bifacial de alta eficiencia tipo n, serie JAM66D42 o equivalente de 580W. El módulo está compuesto por 132 células (dispuestas en una matriz de 6x22), fabricados con tecnología tipo ny 16BB. Sus dimensiones son 2278 mm de largo por 1134 mm de ancho y 30 mm de espesor, con un vidrio templado de 2 mm en ambas caras, lo que garantiza durabilidad y resistencia en condiciones ambientales adversas. Funciona a temperaturas que van desde los -40°C hasta los 85°C, soportando una carga de viento de hasta 2400 Pa y una carga de nieve de hasta 5400 Pa, lo que lo hace adecuado para zonas con climas extremos. Su peso es de 31,8 kg.</p> <p>El módulo cuenta con una caja de conexiones con protección IP68 y 3 diodos, que asegura un correcto funcionamiento bajo diferentes condiciones climáticas. Los cables tienen una sección transversal de 4 mm², con longitudes de 300 mm (+) y 400 mm (-) para las conexiones verticales, y 1300 mm tanto para el positivo como para el negativo en conexiones horizontales. Los conectores son del tipo MC4-EVO2.</p> <p>El suministro del módulo incluye su colocación, fijación, conexión eléctrica y comprobación del correcto funcionamiento de todo el.</p> <p>En cuanto al criterio de medición para el proyecto, se tomará la superficie de acuerdo con la documentación gráfica sin duplicar esquinas ni encuentros, y deduciendo todos los huecos. En obra, la medición se realizará sobre la superficie realmente ejecutada, siguiendo las especificaciones del proyecto, aplicando las mismas reglas para esquinas, encuentros y huecos.</p> <p>(Mano de obra)</p> <p>Ayudante electricista. 0,514 h 12,000 6,17</p> <p>Oficial 1ª electricista. 0,514 h 20,980 10,78</p> <p>(Materiales)</p> <p>Repercusión por m² de accesorios de montaje con ganchos de módulo fotovoltaico. 1,000 Ud 25,000 25,00</p> <p>Repercusión por m² de material eléctrico para conexión de módulo fotovoltaico. 1,000 Ud 38,000 38,00</p> <p>módulo solar fotovoltaico bifacial de alta eficiencia tipo n, serie JAM66D42 o equivalente de 580W. El módulo está compuesto por 132 células (dispuestas en una matriz de 6x22), fabricados con tecnología tipo ny 16BB. Sus dimensiones son 2278 mm de largo por 1134 mm de ancho y 30 mm de espesor, con un vidrio templado de 2 mm en ambas caras, lo que garantiza durabilidad y resistencia en condiciones ambientales adversas. Funciona a temperaturas que van desde los -40°C hasta los 85°C, soportando una carga de viento de hasta 2400 Pa y una carga de nieve de hasta 5400 Pa, lo que lo hace adecuado para zonas con climas extremos. Su peso es de 31,8 kg. 1,572 Ud 38,800 60,99</p> <p>(Resto obra) 2,82</p>		

	3% Costes indirectos			4,31	
					148,07
1.2	<p>Ud Inversor trifásico, potencia máxima de entrada 110 kW, voltaje de entrada máximo 1100 Vcc, rango de voltaje de entrada de 200 a 1000 Vcc, potencia nominal de salida 100 kW, potencia máxima de salida 110kVA, eficiencia máxima 98.8%, dimensiones 1035x700x365 mm, con comunicación vía Wi-Fi para control remoto desde un smartphone, tablet o PC, puertos Ethernet y RS-485, y protocolo de comunicación Modbus. Incluso accesorios necesarios para su correcta instalación.</p> <p>Incluye: Montaje, fijación y nivelación. Conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p> <p>(Mano de obra)</p> <p>Ayudante electricista. 0,300 h 12,000 3,60</p> <p>Oficial 1ª electricista. 0,300 h 20,980 6,29</p> <p>(Materiales)</p> <p>Inversor trifásico, potencia máxima de entrada 110 kW, voltaje de entrada máximo 1100 Vcc, rango de voltaje de entrada de 200 a 1000 Vcc, potencia nominal de salida 100 kW, potencia máxima de salida 110kVA, eficiencia máxima 98.8%, dimensiones 1035x700x365 mm, con comunicación vía Wi-Fi para control remoto desde un smartphone, tablet o PC, puertos Ethernet y RS-485, y protocolo de comunicación Modbus. 1,000 Ud 4.225,000 4.225,00</p> <p>(Resto obra) 84,70</p> <p>3% Costes indirectos 129,59</p>				
1.3	<p>Ud Dispositivo de calibrado FRONIUS Smart Meter o equivalente. Incluido el cableado de conexión, elementos auxiliares, accesorios y pequeño material. Instalado, conexionado, programado y probado incluso certificación de funcionamiento. Incluye: Montaje, fijación y nivelación. Conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p> <p>(Mano de obra)</p> <p>Ayudante electricista. 2,200 h 12,000 26,40</p> <p>Oficial 1ª electricista. 2,200 h 20,980 46,16</p>				4.449,18

Trabajo Final de Máster

	(Materiales)			
	Dispositivo de calibrado FRONIUS Smart Meter o equivalente. Incluido el cableado de conexión, elementos auxiliares, accesorios y pequeño material. Instalado, conexión, programado y probado incluso certificación de funcionamiento.	1,000 Ud	350,000	350,00
	(Resto obra)			8,45
	3% Costes indirectos			12,93
				443,94
1.4	<p>Ud Cuadro de protección TOSCANO modelo ECO-DC-INV con protección para sobretensiones trnsitorias DC, Base portafusibles y fusibles 15A, Conectores MC4 en entradas y salidas. IP65. Incluye: Replanteo. Colocación, fijación conexión y probado. Totalmente instalado.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>			
	(Mano de obra)			
	Ayudante electricista.	2,200 h	12,000	26,40
	Oficial 1ª electricista.	2,200 h	20,980	46,16
	(Materiales)			
	Cuadro de protección TOSCANO modelo ECO-DC-INV con protección para sobretensiones trnsitorias DC, Base portafusibles y fusibles 15A, Conectores MC4 en entradas y salidas. IP65.	1,000 Ud	95,000	95,00
	(Resto obra)			3,35
	3% Costes indirectos			5,13
				176,04
1.5	<p>Ud Armario de distribución metálico, de superficie, con puerta transparente, grado de protección IP40, aislamiento clase II, para 192 módulos, en 8 filas, con emplazamiento para un kit de equipamiento en dos filas, de 1350x580x95 mm, con carril DIN, cierre con llave, acabado con pintura epoxi y techo y suelo desmontables. Totalmente montado.</p> <p>Incluye: Colocación y fijación del elemento.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>			
	(Mano de obra)			
	Oficial 1ª electricista.	0,392 h	12,000	4,70
	(Materiales)			

	<p>Armario de distribución metálico, de superficie, con puerta transparente, grado de protección IP40, aislamiento clase II, para 192 módulos, en 8 filas, con emplazamiento para un kit de equipamiento en dos filas, de 1350x580x95 mm, con carril DIN, cierre con llave, acabado con pintura epoxi y techo y suelo desmontables, incluso accesorios de montaje, según UNE-EN 60670-1.</p>	1,000 Ud	756,700	756,70	
	(Resto obra)				15,23
	3% Costes indirectos				23,30
					799,93
1.6	<p>Ud Conjunto fusible, formado por fusible cilíndrico, curva gG, intensidad nominal 16 A, poder de corte 100 kA, tamaño 8,5x31,5 mm y base modular para fusibles cilíndricos, unipolar (1P), intensidad nominal 63 A. Totalmente montado, conexionado y probado.</p> <p>Incluye: Montaje y conexionado del elemento.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>				
	(Mano de obra)				
	Oficial 1ª electricista.	0,200 h	12,000		2,40
	(Materiales)				
	Fusible cilíndrico, curva gG, intensidad nominal 16 A, poder de corte 100 kA, tamaño 8,5x31,5 mm, según UNE-EN 60269-1.	1,000 Ud	3,600		3,60
	Base modular para fusibles cilíndricos, unipolar (1P), intensidad nominal 32 A, según UNE-EN 60269-1.	1,000 Ud	4,290		4,29
	(Resto obra)				0,21
	3% Costes indirectos				0,32
					10,82
1.7	<p>m Bandeja perforada de PVC, color gris RAL 7035, de 60x75 mm, resistencia al impacto 5 julios, propiedades eléctricas: aislante, no propagador de la llama, estable frente a los rayos UV y con buen comportamiento a la intemperie y frente a la acción de los agentes químicos, con 1 compartimento, con soporte horizontal, de compuesto termoplástico libre de halógenos, color gris RAL 7035.</p> <p>Incluye: Replanteo. Fijación del soporte. Colocación y fijación de la bandeja.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>				
	(Mano de obra)				
	Ayudante electricista.	0,267 h	12,000		3,20

Trabajo Final de Máster

	Oficial 1ª electricista.	0,133 h	20,980	2,79	
	(Materiales)				
	Bandeja perforada de PVC, color gris RAL 7035, de 60x75 mm, resistencia al impacto 5 julios, propiedades eléctricas: aislante, no propagador de la llama, estable frente a los rayos UV y con buen comportamiento a la intemperie y frente a la acción de los agentes químicos, según UNE-EN 61537, suministrada en tramos de 3 m de longitud, para soporte y conducción de cables eléctricos.	1,000 m	11,310	11,31	
	Pieza de unión entre tramos de bandeja, de PVC, color gris RAL 7035, de 60 mm de altura, con tornillos con tuerca de PVC.	0,667 Ud	4,060	2,71	
	Soporte horizontal, de compuesto termoplástico libre de halógenos, color gris RAL 7035, con tornillos con tuerca de PVC.	0,667 Ud	8,650	5,77	
	(Resto obra)				0,52
	3% Costes indirectos				0,79
					27,09
1.8	m Pasacables de alta resistencia fabricado en caucho y polipropileno. Diseño en colores negro y amarillo. Según UNE-EN 61537. Incluye: Replanteo. Colocación y fijación de la bandeja. Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.				
	(Mano de obra)				
	Ayudante electricista.	0,168 h	12,000	2,02	
	Oficial 1ª electricista.	0,168 h	20,980	3,52	
	(Materiales)				
	Pasacables de alta resistencia fabricado en caucho y polipropileno, diseño en colores negro y amarillo. Elemento recto y rígido que facilita la organización y protección de cables, incluso accesorios. Según UNE-EN 61537.	1,000 m	18,133	18,13	
	(Resto obra)				0,47
	3% Costes indirectos				0,72
					24,86

1.9	<p>Ud Estructura soporte para módulo solar fotovoltaico, de aluminio, sobre cubierta plana. Incluso accesorios de montaje y elementos de fijación.</p> <p>Incluye: Replanteo. Montaje y fijación.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p> <p>(Mano de obra)</p> <p>Ayudante electricista. 1,313 h 12,000 15,76</p> <p>Oficial 1ª electricista. 1,140 h 20,980 22,80</p> <p>(Materiales)</p> <p>Perfilería de aluminio EN AW6005A T6. 10,000 Kg 3,000 30,00</p> <p>(Resto obra) 1,37</p> <p>3% Costes indirectos 2,10</p>		
1.10	<p>Ud Interruptor en carga, tetrapolar (4P), intensidad nominal 125 A, tensión de aislamiento (Ui) 500 V, impulso de tensión máximo (Uimp) 6 kV, intensidad de cortocircuito (Icw) 2500 A durante 1 s, vida útil en vacío 50000 maniobras, vida útil en carga 2500 maniobras, de 72x82x70 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm). Totalmente montado, conexionado y probado.</p> <p>Incluye: Montaje y conexionado del elemento.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p> <p>(Mano de obra)</p> <p>Oficial 1ª electricista. 0,350 h 12,000 4,20</p> <p>(Materiales)</p> <p>Interruptor en carga, tetrapolar (4P), intensidad nominal 125 A, tensión de aislamiento (Ui) 500 V, impulso de tensión máximo (Uimp) 6 kV, intensidad de cortocircuito (Icw) 2500 A durante 1 s, vida útil en vacío 50000 maniobras, vida útil en carga 2500 maniobras, de 72x82x70 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm), según UNE-EN 60947-3. 1,000 Ud 177,130 177,13</p> <p>(Resto obra) 3,63</p> <p>3% Costes indirectos 5,55</p>		72,03
			190,51

Trabajo Final de Máster

1.11	<p>Ud Protector contra sobretensiones transitorias, de 4 módulos, tetrapolar (4P), tipo 2 (onda 8/20 µs), nivel de protección 2 kV, intensidad máxima de descarga 100 kA, de 144x93x65,5 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras. Totalmente montado, conexionado y probado.</p> <p>Incluye: Montaje y conexionado del elemento.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p> <p>(Mano de obra)</p> <p>Oficial 1ª electricista. 0,350 h 12,000 4,20</p> <p>(Materiales)</p> <p>Descargador de Sobretensiones SPD Clase II 1,000 Ud 224,000 224,00</p> <p>(Resto obra) 4,56</p> <p>3% Costes indirectos 6,98</p>			
				239,74
1.12	<p>Ud Base de hormigon prefabricado 50x20x15cm de 11,5kg/ud fijados sobre cubierta mediante espuma de poliuretano especial agarre. Un taladro en cada base para taco SX 10mm.para fijación soporte inclinación.</p> <p>Incluye: Replanteo. Montaje y fijación.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p> <p>(Mano de obra)</p> <p>Ayudante electricista. 0,018 h 12,000 0,22</p> <p>Oficial 1ª electricista. 0,018 h 20,980 0,38</p> <p>(Materiales)</p> <p>Base de hormigon prefabricado 50x20x15cm de 11,5kg/ud fijados sobre cubierta mediante espuma de poliuretano especial agarre. 1,000 Ud 6,000 6,00</p> <p>(Resto obra) 0,13</p> <p>3% Costes indirectos 0,20</p>			
				6,93
1.13	<p>m Cable unipolar RV-K, siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 6 mm² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de PVC (V). Incluso accesorios y elementos de sujeción.</p> <p>Incluye: Tendido del cable. Conexionado. Comprobación de su correcto funcionamiento.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>			

	(Mano de obra)			
	Ayudante electricista.	0,040 h	12,000	0,48
	Oficial 1ª electricista.	0,040 h	20,980	0,84
	(Materiales)			
	Cable unipolar RV-K, siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca según UNE-EN 50575, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 6 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de PVC (V). Según UNE 21123-2.	1,000 m	1,360	1,36
	(Resto obra)			0,05
	3% Costes indirectos			0,08
				2,81
1.14	<p>m Cable unipolar XZ1 (S), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de aluminio clase 2 de 150 mm² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (X) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos (Z1). Incluso accesorios y elementos de sujeción.</p> <p>Incluye: Tendido del cable. Conexionado. Comprobación de su correcto funcionamiento.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>			
	(Mano de obra)			
	Ayudante electricista.	0,115 h	12,000	1,38
	Oficial 1ª electricista.	0,115 h	20,980	2,41
	(Materiales)			
	Cable unipolar XZ1 (S), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca según UNE-EN 50575, con conductor de aluminio clase 2 de 150 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (X) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos (Z1). Según IEC 60502-1.	1,000 m	2,990	2,99
	(Resto obra)	0,14	1,150	0,12
	3% Costes indirectos			0,21
				4,34

Trabajo Final de Máster

2 GESTIÓN DE RESIDUOS			
2.1	m Medidas para el tratamiento de residuos de la obra.		
	(Mano de obra)		
	Ayudante electricista.	1,502 h	12,000
	Oficial 1ª construcción.	0,812 h	22,130
	Oficial 1ª electricista.	1,259 h	20,980
	Peón ordinario construcción.	0,812 h	20,780
	(Materiales)		
	Contenedor de residuos.	3,000 Ud	367,842
	(Resto obra)		1.103,52
	3% Costes indirectos		22,84
			34,95
			1.200,00
3 SEGURIDAD Y SALUD			
3.1	Ud Medidas para la aplicación de las medidas de seguridad y salud		
			854,37
4 LEGALIZACIÓN INSTALACIÓN			
4.1	Ud Legalización de la instalación incluyendo certificado de instalador e inspección inicial por organismo de control y la ejecución de las condiciones técnicas determinadas por la compañía distribuidora, incluyendo la elaboración y colocación del cartel informativo de la ejecución de la instalación, según formato e indicaciones del IVACE.		

6.10 Presupuesto y mediciones (pem)

6.10.1 Mediciones

- 1.1 Ud** El módulo solar fotovoltaico bifacial de alta eficiencia tipo n, serie JAM66D42 o equivalente de 580W. El módulo está compuesto por 132 células (dispuestas en una matriz de 6x22), fabricados con tecnología tipo ny 16BB. Sus dimensiones son 2278 mm de largo por 1134 mm de ancho y 30 mm de espesor, con un vidrio templado de 2 mm en ambas caras, lo que garantiza durabilidad y resistencia en condiciones ambientales adversas. Funciona a temperaturas que van desde los -40°C hasta los 85°C, soportando una carga de viento de hasta 2400 Pa y una carga de nieve de hasta 5400 Pa, lo que lo hace adecuado para zonas con climas extremos. Su peso es de 31,8 kg.

El módulo cuenta con una caja de conexiones con protección IP68 y 3 diodos, que asegura un correcto funcionamiento bajo diferentes condiciones climáticas. Los cables tienen una sección transversal de 4 mm², con longitudes de 300 mm (+) y 400 mm (-) para las conexiones verticales, y 1300 mm tanto para el positivo como para el negativo en conexiones horizontales. Los conectores son del tipo MC4-EVO2.

El suministro del módulo incluye su colocación, fijación, conexión eléctrica y comprobación del correcto funcionamiento de todo el.

En cuanto al criterio de medición para el proyecto, se tomará la superficie de acuerdo con la documentación gráfica sin duplicar esquinas ni encuentros, y deduciendo todos los huecos. En obra, la medición se realizará sobre la superficie realmente ejecutada, siguiendo las especificaciones del proyecto, aplicando las mismas reglas para esquinas, encuentros y huecos.

	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
Cubierta	360				360,000	
					360,000	360,000
Total Ud:						360,000

- 1.2 Ud** Inversor trifásico, potencia máxima de entrada 110 kW, voltaje de entrada máximo 1100 Vcc, rango de voltaje de entrada de 200 a 1000 Vcc, potencia nominal de salida 100 kW, potencia máxima de salida 110kVA, eficiencia máxima 98.8%, dimensiones 1035x700x365 mm, con comunicación vía Wi-Fi para control remoto desde un smartphone, tablet o PC, puertos Ethernet y RS-485, y protocolo de comunicación Modbus. Incluso accesorios necesarios para su correcta instalación.

Incluye: Montaje, fijación y nivelación. Conexión y comprobación de su correcto funcionamiento.

Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
Cubierta derecha	1				1,000	
Cubierta izquierda	1				1,000	
					2,000	2,000
Total Ud:						2,000

Trabajo Final de Máster

- 1.3 Ud** Dispositivo de calibrado FRONIUS Smart Meter o equivalente. Incluido el cableado de conexión, elementos auxiliares, accesorios y pequeño material. Instalado, conexionado, programado y probado incluso certificación de funcionamiento. Incluye: Montaje, fijación y nivelación. Conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento.
- Criterio de medición de proyecto:** Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.
- Criterio de medición de obra:** Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
Cuadro general	1				1,000	
					1,000	1,000
Total Ud:						1,000

- 1.4 Ud** Cuadro de protección TOSCANO modelo ECO-DC-INV con protección para sobretensiones trnsitorias DC, Base portafusibles y fusibles 15A, Conectores MC4 en entradas y salidas. IP65. Incluye: Replanteo. Colocación, fijación conexionado y probado. Totalmente instalado.
- Criterio de medición de proyecto:** Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.
- Criterio de medición de obra:** Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
Cada dos String 1 cuadro de protección	18				18,000	
					18,000	18,000
Total Ud:						18,000

- 1.5 Ud** Armario de distribución metálico, de superficie, con puerta transparente, grado de protección IP40, aislamiento clase II, para 192 módulos, en 8 filas, con emplazamiento para un kit de equipamiento en dos filas, de 1350x580x95 mm, con carril DIN, cierre con llave, acabado con pintura epoxi y techo y suelo desmontables. Totalmente montado.
- Incluye:** Colocación y fijación del elemento.
- Criterio de medición de proyecto:** Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.
- Criterio de medición de obra:** Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
Cubierta	2				2,000	
					2,000	2,000
Total Ud:						2,000

- 1.6 Ud Conjunto fusible, formado por fusible cilíndrico, curva gG, intensidad nominal 16 A, poder de corte 100 kA, tamaño 8,5x31,5 mm y base modular para fusibles cilíndricos, unipolar (1P), intensidad nominal 63 A. Totalmente montado, conexionado y probado.**

Incluye: Montaje y conexionado del elemento.

Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
2 Fusibles por cada String (1 Negativo y 1 Positivo)	72				72,000	
					72,000	72,000
Total Ud:						72,000

- 1.7 M Bandeja perforada de PVC, color gris RAL 7035, de 60x75 mm, resistencia al impacto 5 julios, propiedades eléctricas: aislante, no propagador de la llama, estable frente a los rayos UV y con buen comportamiento a la intemperie y frente a la acción de los agentes químicos, con 1 compartimento, con soporte horizontal, de compuesto termoplástico libre de halógenos, color gris RAL 7035.**

Incluye: Replanteo. Fijación del soporte. Colocación y fijación de la bandeja.

Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.

Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.

	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
Bandeja para cableado		90,000			90,000	
					90,000	90,000
Total m:						90,000

- 1.8 M Pasacables de alta resistencia fabricado en caucho y polipropileno. Diseño en colores negro y amarillo. Según UNE-EN 61537.**

Incluye: Replanteo. Colocación y fijación de la bandeja.

Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.

Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.

	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
Protección para cableado		354,000			354,000	
					354,000	354,000
Total m:						354,000

- 1.9 Ud Estructura soporte para módulo solar fotovoltaico, de aluminio, sobre cubierta plana. Incluso accesorios de montaje y elementos de fijación.**

Incluye: Replanteo. Montaje y fijación.

Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

Trabajo Final de Máster

	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
Cubierta	360				360,000	
					360,000	360,000

Total Ud: 360,000

1.10 Ud Interruptor en carga, tetrapolar (4P), intensidad nominal 125 A, tensión de aislamiento (Ui) 500 V, impulso de tensión máximo (Uimp) 6 kV, intensidad de cortocircuito (Icw) 2500 A durante 1 s, vida útil en vacío 50000 maniobras, vida útil en carga 2500 maniobras, de 72x82x70 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm). Totalmente montado, conexionado y probado.

Incluye: Montaje y conexionado del elemento.

Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
Inversor 1	1				1,000	
Inversor 2	1				1,000	
					2,000	2,000

Total Ud: 2,000

1.11 Ud Protector contra sobretensiones transitorias, de 4 módulos, tetrapolar (4P), tipo 2 (onda 8/20 µs), nivel de protección 2 kV, intensidad máxima de descarga 100 kA, de 144x93x65,5 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras. Totalmente montado, conexionado y probado.

Incluye: Montaje y conexionado del elemento.

Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
Despues del Inversor 1	1				1,000	
Despues del inversor 2	1				1,000	
					2,000	2,000

Total Ud: 2,000

- 1.12 Ud** Base de hormigon prefabricado 50x20x15cm de 11,5 kg/ud fijados sobre cubierta mediante espuma de poliuretano especial agarre. Un taladro en cada base para taco SX 10mm.para fijación soporte inclinación.
Incluye: Replanteo. Montaje y fijación.
Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.
Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
4 Por cada panel solar	360	4,000			1.440,000	
					<u>1.440,000</u>	1.440,000
Total Ud:						1.440,000

- 1.13 M** Cable unipolar RV-K, siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 6 mm² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de PVC (V). Incluso accesorios y elementos de sujeción.
Incluye: Tendido del cable. Conexionado. Comprobación de su correcto funcionamiento.
Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.
Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.

	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
Inversor 1						
Inversor 2		980,000			980,000	
		1.110,000			<u>1.110,000</u>	
					2.090,000	2.090,000
Total m:						2.090,000

- 1.14 M** Cable unipolar XZ1 (S), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de aluminio clase 2 de 120 mm² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (X) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos (Z1). Incluso accesorios y elementos de sujeción.
Incluye: Tendido del cable. Conexionado. Comprobación de su correcto funcionamiento.
Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.
Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.

	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
De inversor 1 a cuadro BT edificio	4	30,000			120,000	
De inversor 2 a cuadro BT edificio	4	30,000			120,000	
					<u>240,000</u>	240,000

Trabajo Final de Máster

Total m: 240,000

- 1.15 M Conductor de tierra formado por cable rígido desnudo de cobre trenzado, de 35 mm² de sección. Incluso uniones realizadas con soldadura aluminotérmica, grapas y bornes de unión. Totalmente montado, conexionado y probado.**

Incluye: Replanteo del recorrido. Tendido del conductor de tierra. Conexionado del conductor de tierra mediante bornes de unión.

Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.

Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.

	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
De inversor 1 a Cuadro		30,000			30,000	
De inversor 2 a Cuadro		30,000			30,000	
					60,000	60,000
Total m:						60,000

- 2.1 M Medidas para el tratamiento de residuos de la obra.**

Total m: 1,000

- 3.1 Ud Medidas para la aplicación de las medidas de seguridad y salud**

Total Ud: 1,000

- 4.1 Ud Legalización de la instalación incluyendo certificado de instalador e inspección inicial por organismo de control y la ejecución de las condiciones técnicas determinadas por la compañía distribuidora, incluyendo la elaboración y colocación del cartel informativo de la ejecución de la instalación, según formato e indicaciones del IVACE.**

Total Ud: 1,000

6.10.2 Presupuesto

1.1 Ud Módulo fotovoltaico para integración en edificio.

El módulo solar fotovoltaico bifacial de alta eficiencia tipo n, serie JAM66D42 o equivalente de 580W. El módulo está compuesto por 132 células (dispuestas en una matriz de 6x22), fabricados con tecnología tipo ny 16BB. Sus dimensiones son 2278 mm de largo por 1134 mm de ancho y 30 mm de espesor, con un vidrio templado de 2 mm en ambas caras, lo que garantiza durabilidad y resistencia en condiciones ambientales adversas. Funciona a temperaturas que van desde los -40°C hasta los 85°C, soportando una carga de viento de hasta 2400 Pa y una carga de nieve de hasta 5400 Pa, lo que lo hace adecuado para zonas con climas extremos. Su peso es de 31,8 kg.

El módulo cuenta con una caja de conexiones con protección IP68 y 3 diodos, que asegura un correcto funcionamiento bajo diferentes condiciones climáticas. Los cables tienen una sección transversal de 4 mm², con longitudes de 300 mm (+) y 400 mm (-) para las conexiones verticales, y 1300 mm tanto para el positivo como para el negativo en conexiones horizontales. Los conectores son del tipo MC4-EVO2.

El suministro del módulo incluye su colocación, fijación, conexión eléctrica y comprobación del correcto funcionamiento de todo el.

En cuanto al criterio de medición para el proyecto, se tomará la superficie de acuerdo con la documentación gráfica sin duplicar esquinas ni encuentros, y deduciendo todos los huecos. En obra, la medición se realizará sobre la superficie realmente ejecutada, siguiendo las especificaciones del proyecto, aplicando las mismas reglas para esquinas, encuentros y huecos.

	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
Cubierta	360				360,000	
					360,000	360,000
Total Ud:				360,000	148,07	53.305,20

1.2 Ud Inversor fotovoltaico.

Inversor trifásico, potencia máxima de entrada 110 kW, voltaje de entrada máximo 1100 Vcc, rango de voltaje de entrada de 200 a 1000 Vcc, potencia nominal de salida 100 kW, potencia máxima de salida 110kVA, eficiencia máxima 98.8%, dimensiones 1035x700x365 mm, con comunicación vía Wi-Fi para control remoto desde un smartphone, tablet o PC, puertos Ethernet y RS-485, y protocolo de comunicación Modbus. Incluso accesorios necesarios para su correcta instalación.

Incluye: Montaje, fijación y nivelación. Conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento.

Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
Cubierta derecha	1				1,000	
Cubierta izquierda	1				1,000	
					2,000	2,000
Total Ud:				2,000	4.449,18	8.898,36

1.3 Ud Dispositivo de calibrado FRONIUS SMART METER

Trabajo Final de Máster

Dispositivo de calibrado FRONIUS Smart Meter o equivalente. Incluido el cableado de conexión, elementos auxiliares, accesorios y pequeño material. Instalado, conexionado, programado y probado incluso certificación de funcionamiento. Incluye: Montaje, fijación y nivelación.

Conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento.

Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
Cuadro general	1				1,000	
					1,000	1,000
				Total Ud:	1,000	443,94
						443,94

1.4 Ud Cuadro protección STRING TOSCANO ECO-DC INV1 o equivalente

Cuadro de protección TOSCANO modelo ECO-DC-INV con protección para sobretensiones trnsitorias DC, Base portafusibles y fusibles 15A, Conectores MC4 en entradas y salidas. IP65.

Incluye: Replanteo. Colocación, fijación conexionado y probado. Totalmente instalado.

Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
Cada dos String 1 cuadro de protección	18				18,000	
					18,000	18,000
				Total Ud:	18,000	176,04
						3.168,72

1.5 Ud Armario de distribución, modular.

Armario de distribución metálico, de superficie, con puerta transparente, grado de protección IP40, aislamiento clase II, para 192 módulos, en 8 filas, con emplazamiento para un kit de equipamiento en dos filas, de 1350x580x95 mm, con carril DIN, cierre con llave, acabado con pintura epoxi y techo y suelo desmontables. Totalmente montado.

Incluye: Colocación y fijación del elemento.

Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
Cubierta	2				2,000	
					2,000	2,000
				Total Ud:	2,000	799,93
						1.599,86

1.6 Ud Fusible cilíndrico.

Conjunto fusible, formado por fusible cilíndrico, curva gG, intensidad nominal 16 A, poder de corte 100 kA, tamaño 8,5x31,5 mm y base modular para fusibles cilíndricos, unipolar (1P), intensidad nominal 63 A. Totalmente montado, conexionado y probado.

Incluye: Montaje y conexionado del elemento.

Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
2 Fusibles por cada String (1 Negativo y 1 Positivo)	72				72,000	
					72,000	72,000
Total Ud				72,000	10,82	779,04

1.7 M Bandeja para soporte y conducción de cables eléctricos.

Bandeja perforada de PVC, color gris RAL 7035, de 60x75 mm, resistencia al impacto 5 julios, propiedades eléctricas: aislante, no propagador de la llama, estable frente a los rayos UV y con buen comportamiento a la intemperie y frente a la acción de los agentes químicos, con 1 compartimento, con soporte horizontal, de compuesto termoplástico libre de halógenos, color gris RAL 7035.

Incluye: Replanteo. Fijación del soporte. Colocación y fijación de la bandeja.

Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.

Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.

	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
Bandaja para cableado		90,000			90,000	
					90,000	90,000
Total m				90,000	27,09	2.438,10

1.8 M Protección para cableado en suelo.

Pasacables de alta resistencia fabricado en caucho y polipropileno. Diseño en colores negro y amarillo. Según UNE-EN 61537.

Incluye: Replanteo. Colocación y fijación de la bandeja.

Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.

Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.

	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
Protección para cableado		354,000			354,000	
					354,000	354,000
Total m				354,000	24,86	8.800,44

1.9 Ud Estructura soporte para módulo solar fotovoltaico, sobre cubierta plana.

Trabajo Final de Máster

Estructura soporte para módulo solar fotovoltaico, de aluminio, sobre cubierta plana. Incluso accesorios de montaje y elementos de fijación.

Incluye: Replanteo. Montaje y fijación.

Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
Cubierta	360				360,000	
					360,000	360,000
				Total Ud:	360,000	72,03
						25.930,80

1.10 Ud Interruptor en carga, modular.

Interruptor en carga, tetrapolar (4P), intensidad nominal 125 A, tensión de aislamiento (Ui) 500 V, impulso de tensión máximo (Uimp) 6 kV, intensidad de cortocircuito (Icw) 2500 A durante 1 s, vida útil en vacío 50000 maniobras, vida útil en carga 2500 maniobras, de 72x82x70 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm). Totalmente montado, conexionado y probado.

Incluye: Montaje y conexionado del elemento.

Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
Inversor 1	1				1,000	
Inversor 2	1				1,000	
					2,000	2,000
				Total Ud:	2,000	190,51
						381,02

1.11 Ud Descargador de Sobretensiones SPD Clase II

Protector contra sobretensiones transitorias, de 4 módulos, tetrapolar (4P), tipo 2 (onda 8/20 µs), nivel de protección 2 kV, intensidad máxima de descarga 100 kA, de 144x93x65,5 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras. Totalmente montado, conexionado y probado.

Incluye: Montaje y conexionado del elemento.

Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
Despues del Inversor 1	1				1,000	
Despues del inversor 2	1				1,000	
					2,000	2,000

Total Ud: 2,000 239,74 479,48

1.12 Ud Base de hormigón prefabricada

Base de hormigon prefabricado 50x20x15cm de 11,5 kg/ud fijados sobre cubierta mediante espuma de poliuretano especial agarre. Un taladro en cada base para taco SX 10mm.para fijación soporte inclinación.

Incluye: Replanteo. Montaje y fijación.

Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal	
4 Por cada panel solar	360	4,000			1.440,000		
					1.440,000	1.440,000	
Total Ud:					1.440,000	6,93	9.979,20

1.13 M Cable eléctrico de 0,6/1 kV y sección de cobre.

Cable unipolar RV-K, siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 6 mm² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de PVC (V). Incluso accesorios y elementos de sujeción.

Incluye: Tendido del cable. Conexionado. Comprobación de su correcto funcionamiento.

Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.

Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.

	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal	
Inversor 1							
Inversor 2		980,000			980,000		
		1.110,000			1.110,000		
					2.090,000	2.090,000	
Total m:					2.090,000	2,81	5.872,90

1.14 M Cable eléctrico de 0,6/1 kV de tensión nominal Aluminio.

Cable unipolar XZ1 (S), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de aluminio clase 2 de 120 mm² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (X) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos (Z1). Incluso accesorios y elementos de sujeción.

Incluye: Tendido del cable. Conexionado. Comprobación de su correcto funcionamiento.

Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.

Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.

	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
--	------	-------	-------	------	---------	----------

Trabajo Final de Máster

De inversor 1 a cuadro BT edificio	4	30,000		120,000	
De inversor 2 a cuadro BT edificio	4	30,000		120,000	
				240,000	240,000
Total m:		240,000		7,13	1.711,20

1.15 M Conductor de tierra.

Conductor de tierra formado por cable rígido desnudo de cobre trenzado, de 35 mm² de sección. Incluso uniones realizadas con soldadura aluminotérmica, grapas y bornes de unión. Totalmente montado, conexionado y probado.

Incluye: Replanteo del recorrido. Tendido del conductor de tierra. Conexionado del conductor de tierra mediante bornes de unión.

Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.

Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.

	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
De inversor 1 a Cuadro		30,000			30,000	
De inversor 2 a Cuadro		30,000			30,000	
					60,000	60,000
Total m:		60,000			4,34	260,40
Total presupuesto parcial nº 1 INSTALACIÓN :						124.048,66

2.1 M Gestión de residuos

Medidas para el tratamiento de residuos de la obra.

				1.200,00	
Total m:		1,000		1.200,00	1.200,00
Total presupuesto parcial nº 2 GESTIÓN DE RESIDUOS :					1.200,00

3.1 Ud Seguridad y Salud
Medidas para la aplicación de las medidas de seguridad y salud

Total Ud:	1,000	854,37	854,37
Total presupuesto parcial nº 3 SEGURIDAD Y SALUD :			854,37

4.1 Ud Pruebas y legalización de la instalación

Legalización de la instalación incluyendo certificado de instalador e inspección inicial por organismo de control y la ejecución de las condiciones técnicas determinadas por la compañía distribuidora, incluyendo la elaboración y colocación del cartel informativo de la ejecución de la instalación, según formato e indicaciones del IVACE.

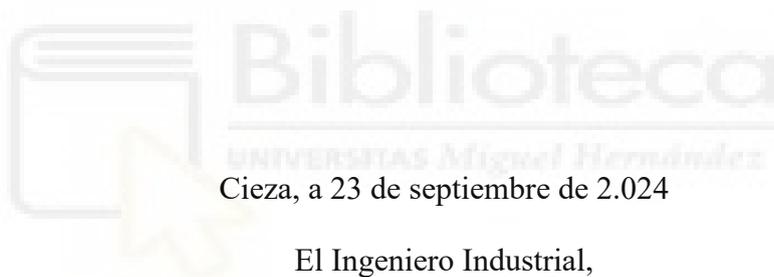
Total Ud:	1,000	1.000,00	1.000,00
Total presupuesto parcial nº 4 LEGALIZACIÓN INSTALACIÓN :			1.000,00



Presupuesto de ejecución material

1 INSTALACIÓN	124.048,66
2 GESTIÓN DE RESIDUOS	1.200,00
3 SEGURIDAD Y SALUD	854,37
4 LEGALIZACIÓN INSTALACIÓN	1.000,00
Total	127.103,03

Asciende el presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de CIENTO VEINTISIETE MIL CIENTO TRES EUROS CON TRES CÉNTIMOS.



El Ingeniero Industrial,



Plácido Sánchez Ballesteros

Ingeniero Industrial

Colegiado nº 5.071

6.10.3 Resumen del presupuesto

**Proyecto: Instalación fotovoltaica para edificio
de vecinos**

Capítulo	Importe
Capítulo 1 INSTALACIÓN	124.048,66
Capítulo 2 GESTIÓN DE RESIDUOS	1.200,00
Capítulo 3 SEGURIDAD Y SALUD	854,37
Capítulo 4 LEGALIZACIÓN INSTALACIÓN	1.000,00
<hr/>	
Presupuesto de ejecución material	127.103,03
13% de gastos generales	16.523,39
6% de beneficio industrial	7.626,18
Suma	151.252,60
21% IVA	31.763,04
<hr/>	
Presupuesto de ejecución por contrata	183.015,65

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de:

CIENTO OCHENTA Y TRES MIL QUINCE EUROS CON SESENTA Y CINCO CÉNTIMOS.

Cieza, a 23 de septiembre de 2.024

El Ingeniero Industrial,



Plácido Sánchez Ballesteros

Ingeniero Industrial

Colegiado nº 5.071

6.11 Anexos

Tras la elaboración del proyecto empleando los datos proporcionados por el programa gratuito PVgist, se ha conseguido acceder al programa de pago PVsyst mediante una versión demo gratuita. Esto se traduce en unos datos que no es capaz de proporcionar el primero de los programas mencionados y que se van a reflejar a continuación.

6.11.1 Resumen de la simulación

Los datos de partida de la simulación con PVsyst son los mismos que los realizados anteriormente:

Project summary		
Geographical Site	Situation	Project settings
Cieza	Latitude 38.24 °N	Albedo 0.20
Spain	Longitude -1.42 °W	
	Altitude 193 m	
	Time zone UTC+1	
Weather data		
Cieza		
Meteonorm 8.1 (1996-2015), Sat=86% - Sintético		

Figura 66: Resumen datos de partida

System summary		
Grid-Connected System	No 3D scene defined, no shadings	
PV Field Orientation	Near Shadings	User's needs
Fixed plane	No Shadings	Unlimited load (grid)
Tilt/Azimuth 35 / 5 °		
System information	Inverters	
PV Array	Nb. of units	2 units
Nb. of modules	Pnom total	200 kWac
Pnom total	Pnom ratio	1.044

Figura 67: Resumen del sistema

Se observa una pequeña diferencia en los resultados, que puede ser precedida de que PVsyst sea un programa más potente, debido a que este es de pago y con ello se obtengan una variación en la simulación. No obstante, los resultados numéricos no son el objetivo de este apartado, sino las diferentes gráficas que se pueden obtener, pues, aunque varíen números mantendrán patrones similares.

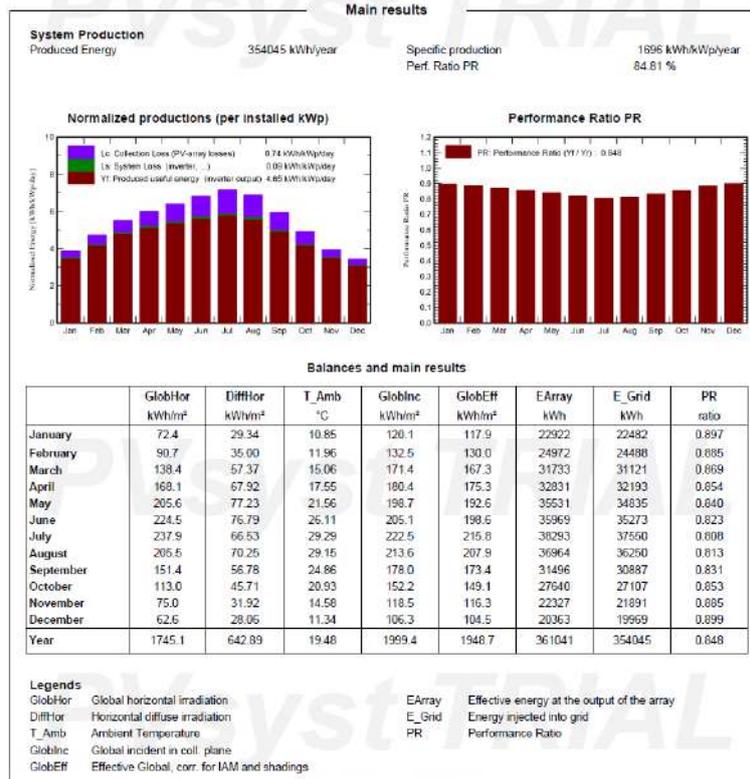


Figura 68: Resultados principales en la simulación

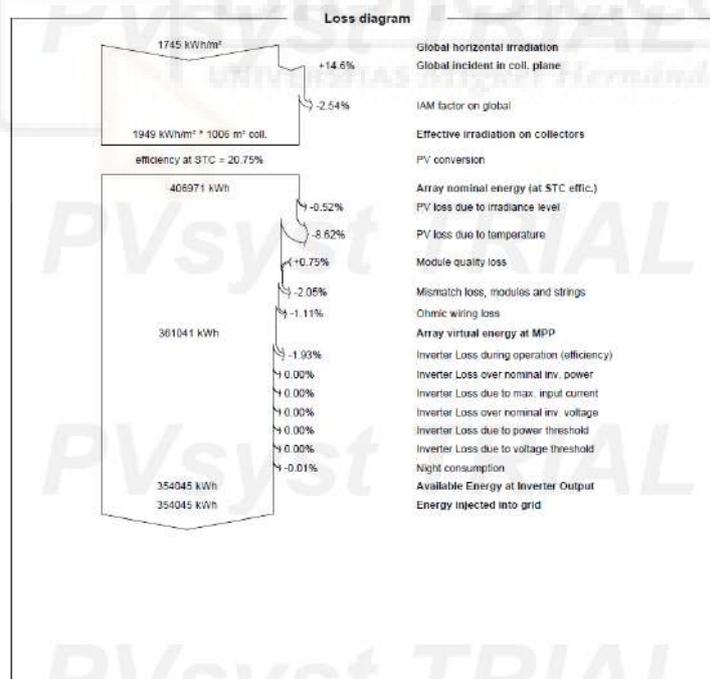


Figura 69: Diagrama de pérdidas

Este gráfico desglosa las pérdidas desde la irradiación global hasta la energía inyectada en la red:

Trabajo Final de Máster

- **Irradiación global horizontal:** 1.745 kWh/m².
- **Irradiación efectiva sobre los colectores:** 1.949 kWh/m².
- **Eficiencia de conversión del panel:** 20,75%.
- **Pérdidas por temperatura:** -8,62%.
- **Pérdidas por calidad del módulo:** +0,75%.
- **Pérdidas por desajuste entre módulos:** -2,05%.
- **Pérdidas óhmicas del cableado:** -1,11%.
- **Pérdidas por el inversor:** -1,93%.
- **Energía disponible a la salida del inversor:** 354.045 kWh.

El siguiente gráfico muestra la energía solar que incide sobre el plano de los colectores fotovoltaicos, corrigiendo la irradiación según el ángulo de incidencia y otras pérdidas.

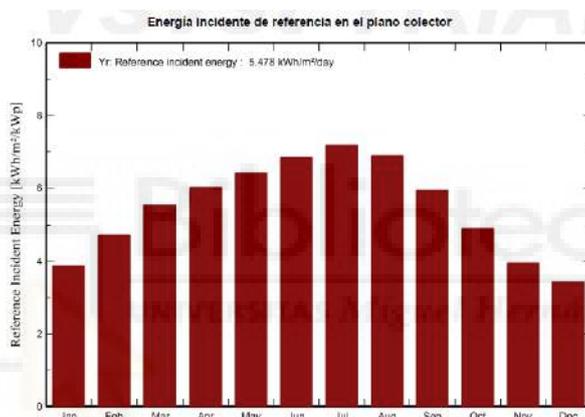


Figura 70: Energía incidente de referencia en el plano colector

El siguiente incluye la producción de energía por cada kWp instalado, considerando factores como pérdidas térmicas y de calidad del módulo.

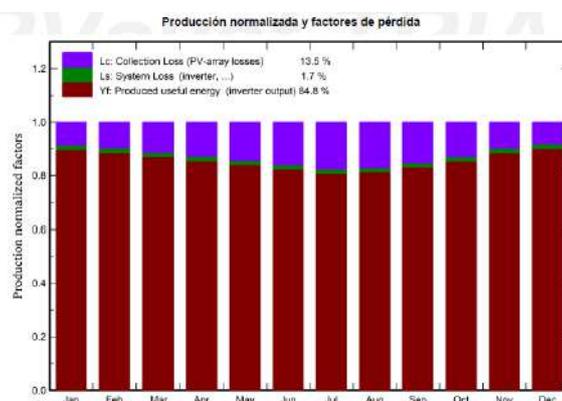


Figura 71: Producción normalizada y factores de pérdidas

Esta gráfica muestra la distribución de la irradiación global que incide sobre el plano de los colectores fotovoltaicos, agrupados en intervalos de 20 W/m². La cantidad de energía

incidente (en kWh) se clasifica por rangos de intensidad de irradiación global (W/m^2).

Esto ayuda a visualizar cómo varía la irradiación solar a lo largo del tiempo y qué fracción cae en cada intervalo de irradiancia.

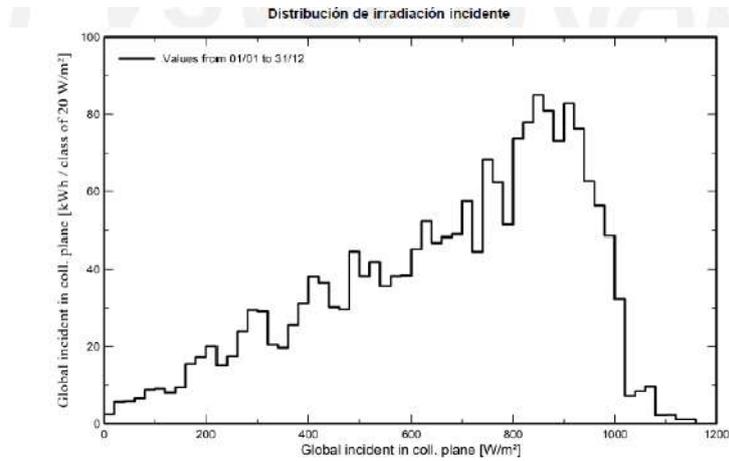


Figura 72: Distribución de irradiación incidente

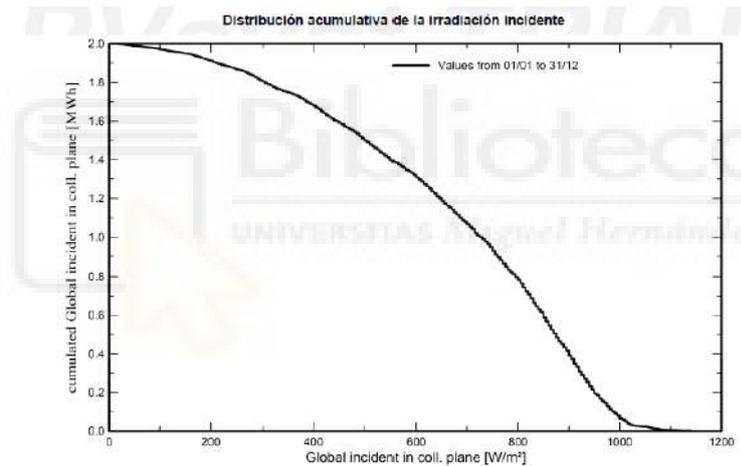


Figura 73: Distribución acumulativa de la irradiación incidente

En la anterior gráfica, se observa cómo se acumula la irradiación incidente sobre los colectores fotovoltaicos a lo largo del tiempo, clasificada en función de la irradiancia (W/m^2). Se representa la energía acumulada (MWh) conforme incrementa la incidencia de irradiancia. Esta gráfica es útil para entender la evolución de la energía capturada durante el año y los patrones estacionales de la radiación solar.

Trabajo Final de Máster

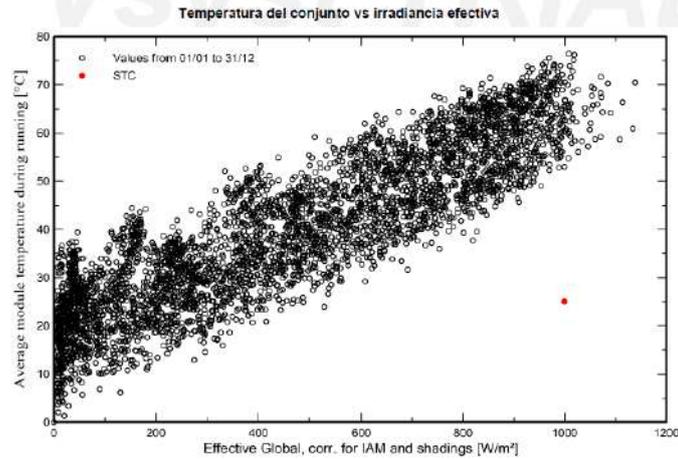


Figura 74: Temperatura del conjunto vs irradiancia efectiva

El gráfico anterior describe la relación entre la temperatura promedio de los módulos fotovoltaicos durante su operación (en grados Celsius) y la irradiancia efectiva corregida por el factor IAM (Incidence Angle Modifier) y las pérdidas debidas a sombras (en W/m^2).

Ahora se muestra un gráfico que representa la variación diaria de la energía que entra al sistema fotovoltaico y la que se genera como salida, útil para entender el flujo de producción de energía.

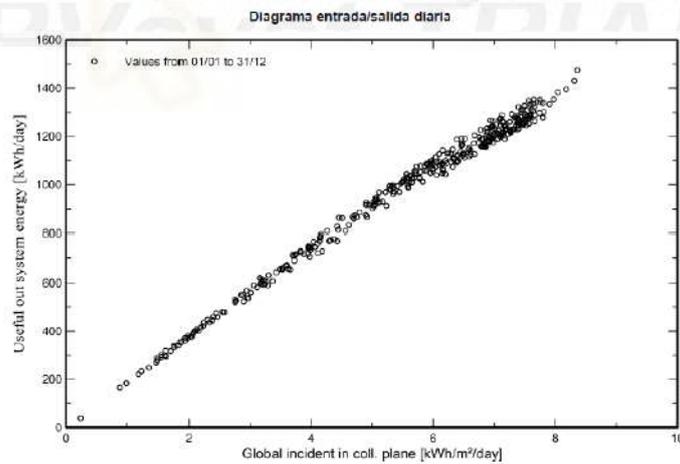


Figura 75: Diagrama entrada/salida diaria

Este gráfico ilustra la producción de energía diaria del sistema fotovoltaico a lo largo del año.

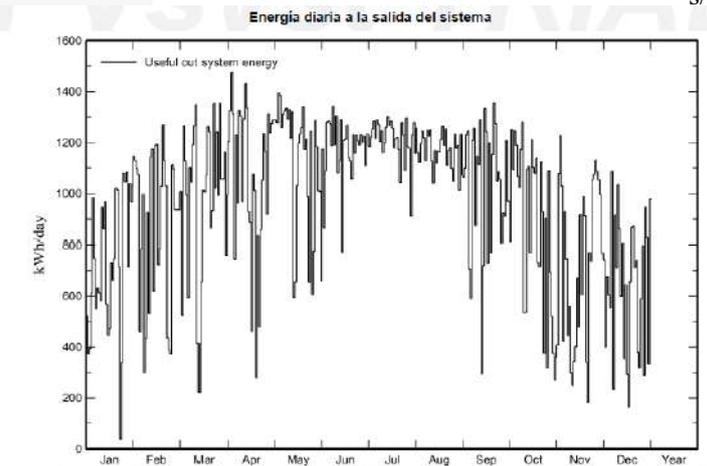


Figura 76: Energía diaria a la salida del sistema

A continuación, se observa cómo se distribuye la energía efectiva generada por el conjunto de paneles fotovoltaicos (en MWh) en clases de potencia de 2 kW. Se muestra la energía clasificada por intervalos de potencia de salida del conjunto, lo que permite analizar qué fracciones de potencia se generan con mayor frecuencia. Es clave para identificar los niveles de potencia más comunes a lo largo del funcionamiento.

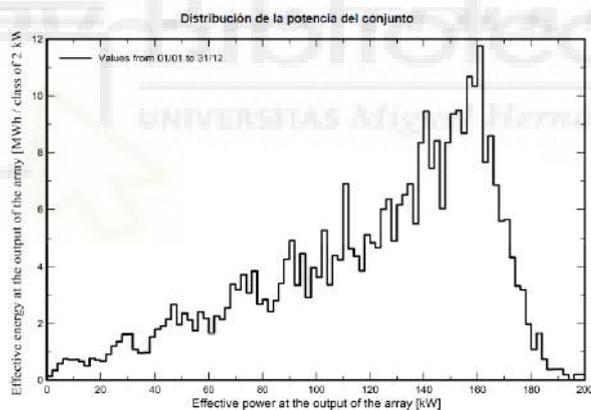


Figura 77: Distribución de la potencia del conjunto



Figura 78: Distribución de potencia de salida del sistema

Trabajo Final de Máster

Este gráfico recientemente visualizado presenta la distribución de la energía útil que venta del sistema en clases de 2 kW de potencia útil. Al igual que el gráfico anterior, pero a nivel del sistema completo, permite evaluar cómo se distribuye la energía final entregada a la red, segmentada por niveles de potencia.

La siguiente gráfica, se representa cómo la energía útil generada por el sistema (en MWh) se acumula conforme aumenta la potencia útil de salida (kW). Es una forma de visualizar cuánta energía ha sido generada a medida que se alcanzan distintos niveles de potencia. Esto ayuda a ver cómo se distribuye la producción total de energía a lo largo del tiempo.

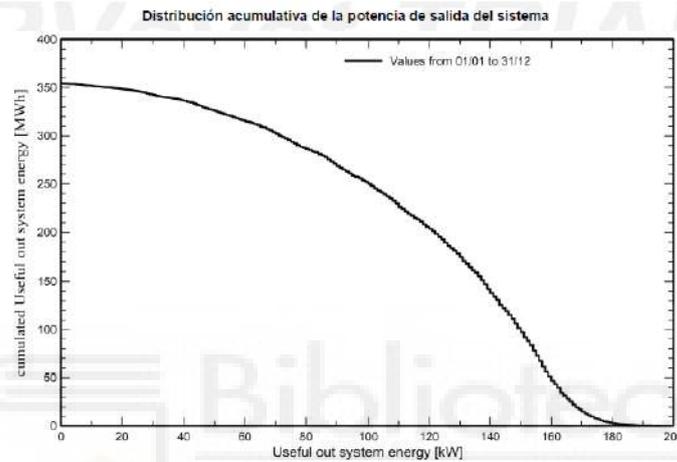


Figura 79: Distribución acumulativa de la potencia del sistema

El que se muestra a continuación representa la variación del voltaje del sistema durante su operación.

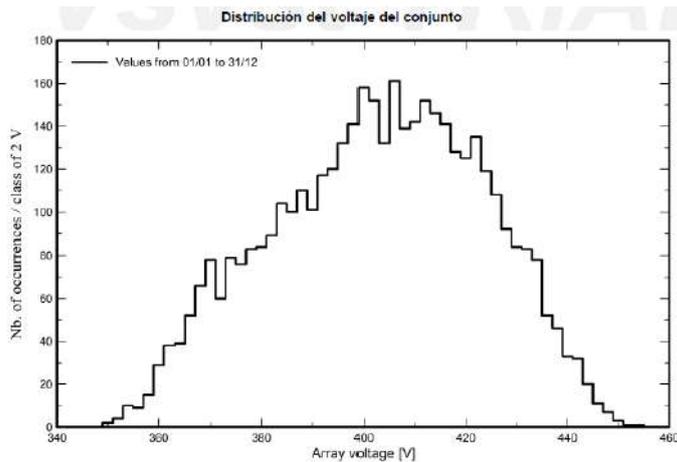


Figura 80: Distribución del voltaje del conjunto

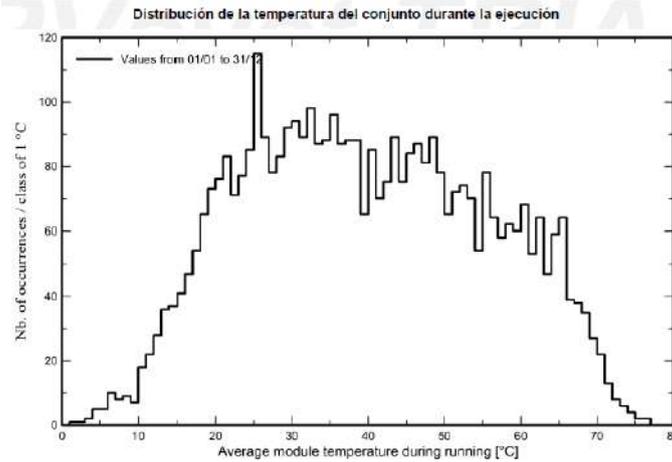


Figura 81: Distribución de la temperatura del conjunto durante la ejecución

Muestra cómo varía la temperatura de los módulos fotovoltaicos a lo largo del tiempo de funcionamiento, lo cual influye en el rendimiento.

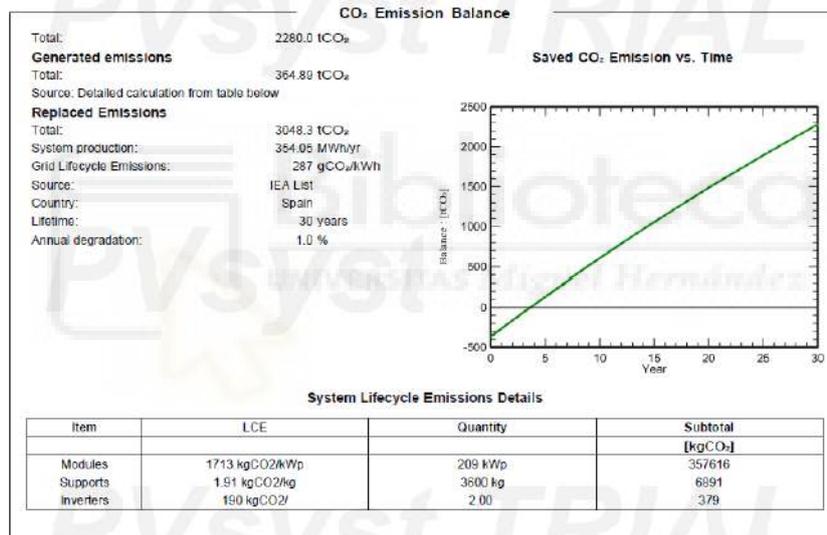


Figura 82: Balance de emisiones de CO₂

Esta última gráfica muestra el balance de emisiones de CO₂ resultante, quedando de la siguiente manera:

- **Emisiones evitadas:** 3.048,3 toneladas de CO₂.
- **Emisiones generadas por el sistema:** 364,89 toneladas de CO₂.
- **Reducción neta:** Aproximadamente 2.680 toneladas de CO₂ evitadas gracias al sistema fotovoltaico.

Este programa es bastante completo y a parte permite obtener numerosas tablas con datos numéricos que sirven para conocer determinados parámetros y ayudar a mejorar el rendimiento de la instalación.

Trabajo Final de Máster

En esta primera tabla se encuentra un resumen mensual de los resultados principales de la simulación, donde cada columna significa lo siguiente:

- **GlobHor:** Irradiación global horizontal (kWh/m²). Representa la cantidad total de irradiación solar recibida por una superficie horizontal durante el período.
- **DiffHor:** Irradiación difusa horizontal (kWh/m²). Es la parte de la irradiación solar que llega al suelo después de haber sido dispersada por la atmósfera.
- **T_Amb:** Temperatura ambiente (°C). Mide la temperatura promedio del aire en el sitio donde se instala el sistema fotovoltaico.
- **GlobInc:** Irradiación global inclinada (kWh/m²). Es la cantidad de irradiación solar que recibe el plano inclinado donde están montados los módulos fotovoltaicos, lo que es más relevante para estimar la producción de energía.
- **GlobEff:** Irradiación efectiva (kWh/m²). Representa la cantidad de irradiación utilizable después de considerar las pérdidas ópticas como las debidas al ángulo de incidencia de los rayos solares, suciedad, etc.
- **EArray:** Energía del campo fotovoltaico (kWh). Es la cantidad de energía eléctrica generada por los módulos fotovoltaicos, es decir, antes de las pérdidas del sistema, como las del inversor o del cableado.
- **E_Grid:** Energía inyectada a la red (kWh). Es la energía final que llega a la red o al sistema de consumo, después de todas las pérdidas (inversores, cables, etc.).
- **PR:** Rendimiento del sistema o Performance Ratio. Es un indicador de la eficiencia global del sistema fotovoltaico y se expresa como un porcentaje. Mide la proporción entre la energía realmente generada y la energía teórica que el sistema podría haber generado bajo condiciones ideales.

Nueva variante de simulación
Balances y resultados principales

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray kWh	E_Grid kWh	PR proporción
Enero	72.4	29.34	10.85	120.1	117.9	22922	22482	0.897
Febrero	90.7	35.00	11.96	132.5	130.0	24972	24488	0.885
Marzo	138.4	57.37	15.06	171.4	167.3	31733	31121	0.869
Abril	168.1	67.92	17.55	180.4	175.3	32831	32193	0.854
Mayo	205.6	77.23	21.56	198.7	192.6	35531	34835	0.840
Junio	224.5	76.79	26.11	205.1	198.6	35969	35273	0.823
Julio	237.9	66.53	29.29	222.5	215.8	38293	37550	0.808
Agosto	205.5	70.25	29.15	213.6	207.9	38964	36250	0.813
Septiembre	151.4	56.78	24.86	178.0	173.4	31496	30887	0.831
Octubre	113.0	45.71	20.93	152.2	149.1	27640	27107	0.853
Noviembre	75.0	31.92	14.58	118.5	116.3	22327	21891	0.885
Diciembre	62.6	28.06	11.34	106.3	104.5	20363	19969	0.899
Año	1745.1	642.89	19.48	1999.4	1948.7	361041	354045	0.848

Figura 83: Balances y resultados principales

A continuación, los parámetros de la tabla de pérdidas encontramos los:

- **Lc (pérdidas colectoras o pérdidas en el campo):** Representa las pérdidas entre la irradiación global inclinada y la energía útil del campo (EArray). Estas pérdidas pueden deberse a factores como la eficiencia del módulo, la temperatura y las pérdidas ópticas.
- **Ya (energía fotovoltaica generada o energía del campo normalizada):** Se refiere a la energía producida por el campo fotovoltaico dividida por la potencia pico del sistema. Este valor refleja la eficiencia de la generación en el campo, antes de pasar por las pérdidas adicionales del sistema.
- **Ls (pérdidas del sistema):** Refleja las pérdidas en el sistema debido al inversor, el cableado, entre otros.
- **Lcr (pérdidas del colector relativas):** Mide las pérdidas en el campo como una proporción de la irradiación disponible.
- **Lsr (pérdidas del sistema relativo):** Refleje las pérdidas del sistema, considerando el inversor y otros componentes, en relación con la energía generada por el campo.

Nueva variante de simulación
 Coeficientes de rendimiento normalizados

	Yr	Lc	Ya	Ls	Yf	Lcr	Lsr	PR
	kWh/m ² /día	kWh/kWp/día	kWh/kWp/día	kWh/kWp/día	kWh/kWp/día	proporción	proporción	proporción
Enero	3.87	0.33	3.54	0.07	3.47	0.086	0.018	0.897
Febrero	4.73	0.46	4.27	0.08	4.19	0.097	0.018	0.885
Marzo	5.53	0.63	4.90	0.09	4.81	0.113	0.017	0.869
Abril	6.01	0.77	5.24	0.10	5.14	0.129	0.017	0.854
Mayo	6.41	0.92	5.49	0.11	5.38	0.144	0.017	0.840
Junio	6.84	1.10	5.74	0.11	5.63	0.160	0.016	0.823
Julio	7.18	1.26	5.92	0.11	5.80	0.176	0.016	0.808
Agosto	6.89	1.18	5.71	0.11	5.60	0.171	0.016	0.813
Septiembre	5.93	0.90	5.03	0.10	4.93	0.152	0.016	0.831
Octubre	4.91	0.64	4.27	0.08	4.19	0.130	0.017	0.853
Noviembre	3.95	0.39	3.56	0.07	3.49	0.098	0.018	0.885
Diciembre	3.43	0.28	3.15	0.06	3.09	0.083	0.018	0.899
Año	5.48	0.74	4.74	0.09	4.65	0.135	0.017	0.848

Figura 84: Coeficientes de rendimiento normalizados

De la siguiente tabla los parámetros que aún no han sido mencionados son:

- **WindVel (velocidad del viento):** Mide la velocidad promedio del viento (en m/s km/h) en el sitio de la instalación.
- **DifSlnc (irradiación difusa inclinada):** Es el componente difuso de la irradiación solar recibida por los módulos en su plano inclinado, medida en

Trabajo Final de Máster

kWh/m². Esta irradiación es la que llega a los paneles después de ser dispersada por nubes y la atmósfera sin un impacto directo del sol.

- **Alb_inc (irradiación reflejada o albedo incidente):** Representa la irradiación que llega a los módulos debido al albedo, es decir, la reflexión de la luz solar desde el suelo u otras superficies cercanas, también en kWh/m².

Nueva variante de simulación
Datos meteo y energía incidente

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	WindVel m/s	GlobInc kWh/m ²	DiffInc kWh/m ²	Alb_Inc kWh/m ²	Diff_Si proporción
Enero	72.4	29.34	10.85	2.2	120.1	20.23	1.307	0.000
Febrero	90.7	35.00	11.96	2.5	132.5	23.33	1.639	0.000
Marzo	138.4	57.37	15.06	2.7	171.4	35.41	2.502	0.000
Abril	168.1	67.92	17.55	2.9	180.4	39.65	3.037	0.000
Mayo	205.6	77.23	21.56	2.9	198.7	42.46	3.717	0.000
Junio	224.5	76.79	26.11	3.0	205.1	37.88	4.059	0.000
Julio	237.9	66.53	29.29	3.0	222.5	32.02	4.301	0.000
Agosto	205.5	70.25	29.15	2.8	213.6	35.25	3.715	0.000
Septiembre	151.4	56.78	24.86	2.3	178.0	33.87	2.737	0.000
Octubre	113.0	45.71	20.93	2.0	152.2	29.73	2.041	0.000
Noviembre	75.0	31.92	14.58	2.1	118.5	22.36	1.354	0.000
Diciembre	62.6	28.06	11.34	1.9	106.3	19.67	1.127	0.000
Año	1745.1	642.89	19.48	2.5	1999.4	371.87	31.538	0.000

Figura 85: Datos meteorológicos

De la tabla de energía efectiva solo falta por conocer el parámetro:

- **GlobIAM:** Irradiación global ajustada por el factor IAM. El factor IAM (Incidence Angle Modifier) es un coeficiente que tiene en cuenta las pérdidas ópticas debido al ángulo de incidencia de la luz solar sobre los módulos fotovoltaicos.

A medida que el ángulo de incidencia aumenta (cuando los rayos solares no inciden perpendicularmente a la superficie del módulo), se producen pérdidas debido a la mayor reflexión y refracción de la luz.

Nueva variante de simulación
Energía incidente efectiva (Transp., IAM, sombreados)

	GlobHor kWh/m ²	GlobInc kWh/m ²	GlobIAM kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	DiffEff kWh/m ²
Enero	72.4	120.1	117.9	117.9	19.40
Febrero	90.7	132.5	130.0	130.0	22.37
Marzo	138.4	171.4	167.3	167.3	33.95
Abril	168.1	180.4	175.3	175.3	38.01
Mayo	205.6	198.7	192.6	192.6	40.70
Junio	224.5	205.1	198.6	198.6	36.32
Julio	237.9	222.5	215.8	215.8	30.70
Agosto	205.5	213.6	207.9	207.9	33.79
Septiembre	151.4	178.0	173.4	173.4	32.47
Octubre	113.0	152.2	149.1	149.1	28.50
Noviembre	75.0	118.5	116.3	116.3	21.44
Diciembre	62.6	106.3	104.5	104.5	18.86
Año	1745.1	1999.4	1948.7	1948.7	356.52

Figura 86: Energía incidente efectiva

FTranps (factor de transparencia o transmisión): Este factor tiene en cuenta las pérdidas causadas por la transparencia del entorno .

FIABm (factor de irradiación ajustado por la irradiación difusa horizontal): Este parámetro considera la irradiación difusa recibida por los módulos en relación con las pérdidas del ángulo de incidencia.

FIAMGI (factor IAM para la irradiación global incidente): Es una corrección aplicada sobre la irradiación global incidente que llega a los módulos, tomando en cuenta el Incidence Angle Modifier (IAM).

FIAMshd (factor IAM ajustado por sombras): Este factor ajusta el impacto del IAM cuando se combinan las pérdidas por sombras.

Nueva variante de simulación
Factores ópticos (Transp., IAM, sombreados)

	GlobHor kWh/m ²	GlobInc kWh/m ²	FTransp proporción	FIABm proporción	FIAMGI proporción	FIAMShd proporción
Enero	72.4	120.1	1.657	0.988	0.982	0.982
Febrero	90.7	132.5	1.460	0.987	0.981	0.981
Marzo	138.4	171.4	1.239	0.981	0.976	0.976
Abril	168.1	180.4	1.074	0.975	0.972	0.972
Mayo	205.6	198.7	0.967	0.972	0.969	0.969
Junio	224.5	205.1	0.914	0.970	0.968	0.968
Julio	237.9	222.5	0.935	0.972	0.970	0.970
Agosto	205.5	213.6	1.039	0.976	0.973	0.973
Septiembre	151.4	178.0	1.175	0.978	0.974	0.974
Octubre	113.0	152.2	1.347	0.986	0.980	0.980
Noviembre	75.0	118.5	1.581	0.988	0.982	0.982
Diciembre	62.6	108.3	1.699	0.989	0.983	0.983
Año	1745.1	1999.4	1.146	0.979	0.975	0.975

Figura 87: Factores ópticos

EOutInv (energía de salida del inversor): Es la energía eléctrica entregada por el inversor a la red o al sistema de consumo, medida en kWh.

EffInvR (eficiencia relativa del inversor): Es la eficiencia del inversor en relación con su capacidad nominal o el rendimiento del inversor en ese momento específico, generalmente expresada como porcentaje.

InvLoss (pérdidas totales del inversor): Este parámetro mide las pérdidas totales del inversor, incluyendo pérdidas de conversión (CC a CA), pérdidas por sobrecarga, pérdidas por mal dimensionamiento, etc.

IL_Oper (pérdidas de operación del inversor): Son las pérdidas del inversor durante su operación normal, relacionadas con el hecho de que ningún inversor es 100% eficiente al convertir la energía.

Trabajo Final de Máster

IL_Pmin (Pérdidas por potencia mínima del inversor): Se refiere a las pérdidas cuando la potencia de entrada es menor que la potencia mínima que el inversor necesita para operar eficientemente.

Nueva variante de simulación
Pérdidas detalladas del inversor

	EOutInv	EffInvR	InvLoss	IL_Oper	IL_Pmin	IL_Pmax	IL_Vmin	IL_Vmax	IL_Imax
	kWh	%	kWh						
Enero	22482	98.1	439.8	435.5	0.965	0.000	0.000	0.000	0.000
Febrero	24488	98.1	484.1	481.4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Marzo	31121	98.1	611.9	609.2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Abril	32193	98.1	638.5	636.1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mayo	34835	98.0	695.6	693.4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Junio	35273	98.1	695.8	693.7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Julio	37550	98.1	743.5	741.4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Agosto	36250	98.1	714.3	710.1	1.791	0.000	0.000	0.000	0.000
Septiembre	30887	98.1	609.2	606.6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Octubre	27107	98.1	533.6	530.7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Noviembre	21891	98.0	435.6	432.6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Diciembre	19969	98.1	394.2	389.9	0.954	0.000	0.000	0.000	0.000
Año	354045	98.1	6996.1	6960.5	3.711	0.000	0.000	0.000	0.000

Figura 88: Pérdidas detalladas del inversor

ModQual (Pérdidas por calidad del módulo): Hace referencia a las pérdidas debidas a la calidad de los módulos fotovoltaicos.

MissLoss (Pérdidas por desajuste o desajuste): Se refiere a las pérdidas por desajuste entre los módulos fotovoltaicos conectados en serie (en una cadena) o en paralelo.

OhmLoss (Pérdidas por efecto Joule en los cables): Son las pérdidas resistivas en el sistema, también conocidas como pérdidas por efecto Joule. Estas pérdidas se producen debido a la resistencia de los cables (tanto en corriente continua como en corriente alterna), y dependen de la longitud, sección y material de los cables.

EArrMPP (Energía disponible en el punto de máxima potencia del campo fotovoltaico): Representa la energía generada por el campo fotovoltaico en su punto de máxima potencia (MPP, Maximum Power Point).

Nueva variante de simulación
Pérdidas detalladas del sistema

	ModQual	MissLoss	OhmLoss	EArrMPP	InvLoss
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Enero	-175.657	484.3	217.4	22322	439.8
Febrero	-191.779	528.1	262.2	24972	484.1
Marzo	-243.783	671.3	343.9	31733	611.9
Abril	-252.560	695.0	374.3	32831	638.5
Mayo	-273.146	752.2	409.6	35531	695.6
Junio	-276.585	761.7	424.2	35969	695.8
Julio	-294.732	811.6	487.4	38293	743.5
Agosto	-284.458	783.4	464.8	36984	714.3
Septiembre	-242.219	667.0	374.6	31496	609.2
Octubre	-212.367	584.8	303.0	27640	533.6
Noviembre	-171.360	471.9	220.8	22327	435.6
Diciembre	-156.152	430.0	183.2	20363	394.2
Año	-2774.796	7641.3	4065.2	361041	6996.1

Figura 89: Pérdidas detalladas del sistema

La gráfica que se observa a continuación se utiliza para mostrar la trayectoria del sol en el cielo a lo largo de un día para una ubicación específica. Los dos ejes principales:

- **Altura del Sol:** también conocida como elevación solar, es el ángulo entre el sol y el horizonte. Este ángulo varía a lo largo del día, siendo más bajo al amanecer y al atardecer, y alcanzando su máximo alrededor del mediodía solar.
- **Azimut:** es el ángulo horizontal medido desde el norte geográfico en el sentido de las agujas del reloj. Define la dirección desde la cual proviene la luz solar.

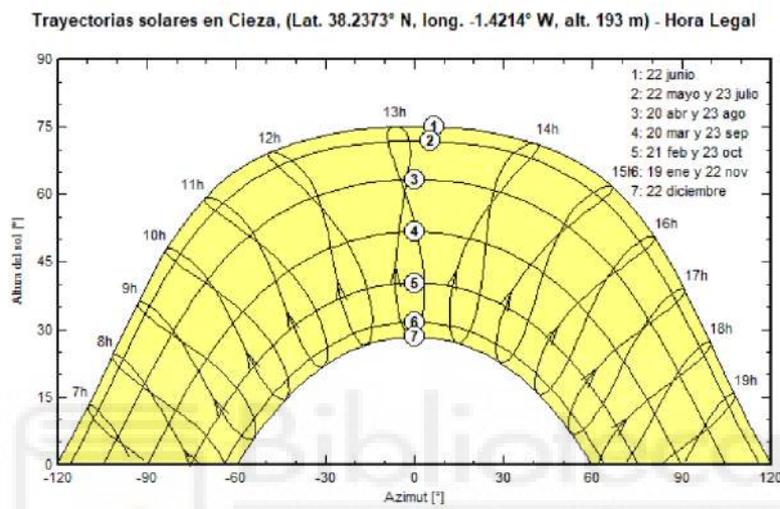


Figura 90: Trayectoria solar en Cieza

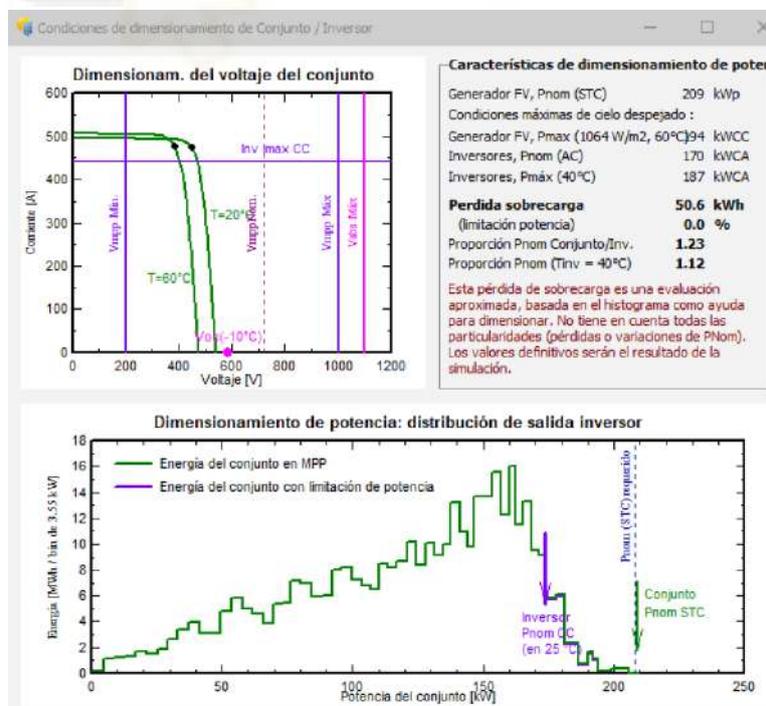


Figura 91: Condiciones de dimensionamiento de Conjunto/Inversor

Gráfica Corriente (A) vs Voltaje (V): Esta gráfica está enfocada en el dimensionamiento del voltaje del conjunto fotovoltaico, que es fundamental para asegurar de que el inversor funcione en condiciones óptimas.

- **Corriente (A):** Representa la corriente eléctrica que fluye a través de los módulos fotovoltaicos.
- **Voltaje (V):** Es el voltaje de salida del conjunto de módulos fotovoltaicos, que depende del número de módulos conectados en serie.

Gráfica 2 de Dimensionamiento de Potencia:

Esta gráfica está orientada a evaluar el dimensionamiento de la potencia del conjunto con respecto al inversor.

- **Energía (MWh):** Representa la cantidad de energía generada (en megavatio-hora) en cada intervalo o bin de potencia.
- **Potencia del Conjunto (kW):** Es la potencia generada por el campo fotovoltaico. Esto está influenciado principalmente por la irradiación solar disponible y las condiciones climáticas (temperatura, nubes, etc.).

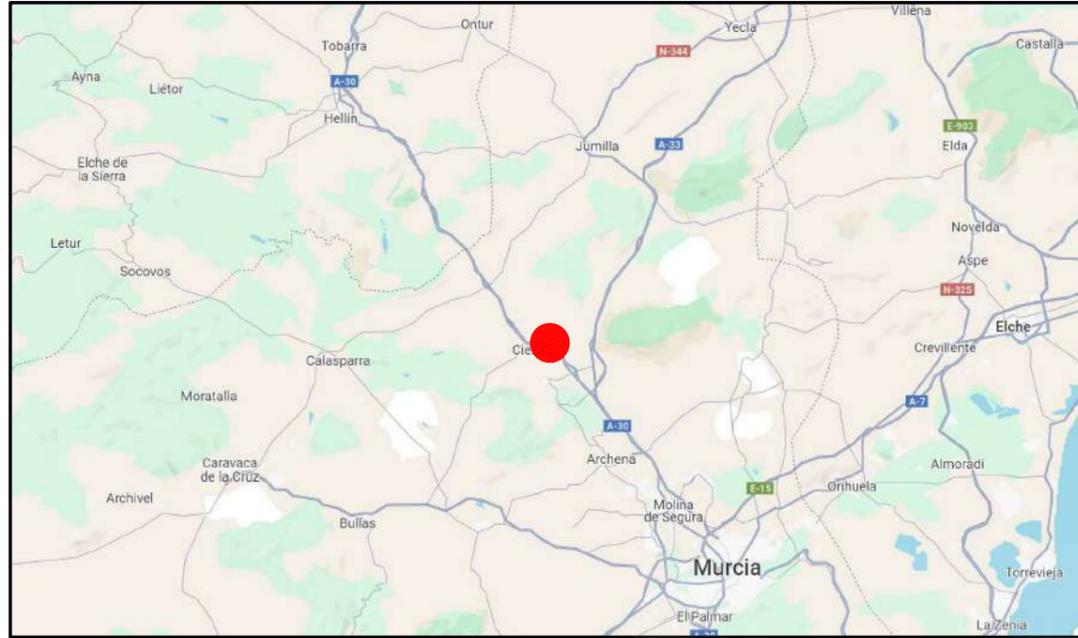
La curva ayuda a analizar si el inversor está bien dimensionado para manejar la potencia máxima generada por el conjunto. Si hay un exceso de potencia que el inversor no puede gestionar (cuando la potencia del conjunto supera la capacidad del inversor), habrá pérdidas por recorte (recorte de potencia), lo que significa que el inversor no puede aprovechar toda la energía generada.

Si la gráfica se corta abruptamente en un determinado valor de potencia (por ejemplo, el valor nominal del inversor), es probable que esté ocurriendo recorte de potencia, es decir, el inversor está limitando la salida de energía en ciertos momentos cuando la irradiación es alta.

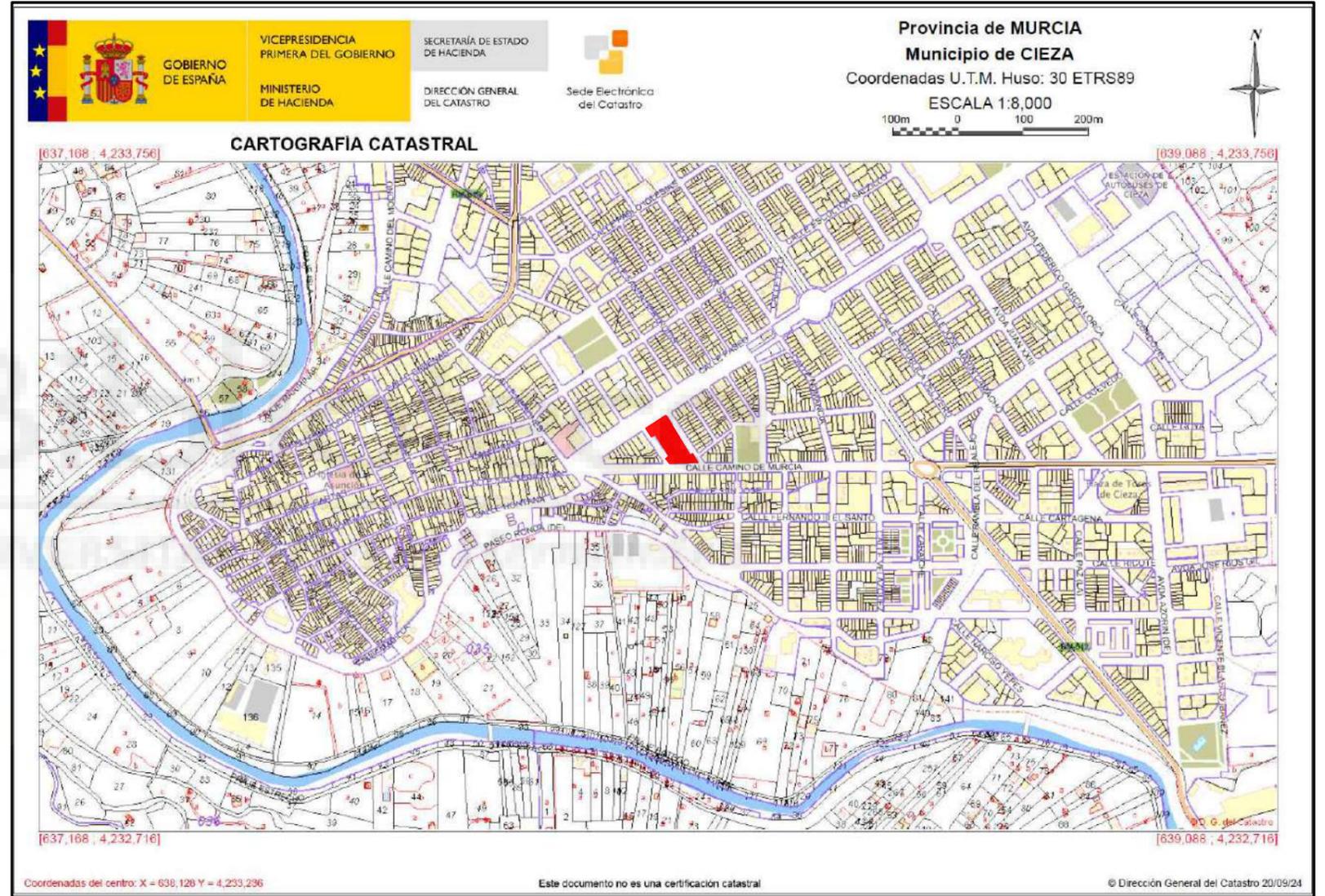
6.12 Planos

6.12.1 Situación





Dirección: Camino de Murcia, nº21, 30530, Cieza (Murcia)
 Coordenadas UTM: X:638,147 ; Y:4.233.320
 Referencia Catastral: 8235901XH3383E
 Superficie Útil: 2546,00m²



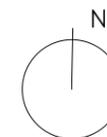
PROYECTO: ESTUDIO DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO PARA EDIFICIO DE VIVIENDAS			
EMPLAZAMIENTO: CAMINO DE MURCIA Nº21, CIEZA (MURCIA)			
PLANO DE: SITUACIÓN	A-01	SE	
ANULA Y SUSTITUYE:			
EXPEDIENTE: 1111-PSB	OCTUBRE 2024		
PROMOTOR: EDIFICIO DOÑA ADELA			
INGENIERO: PLACIDO SÁNCHEZ BALLESTEROS			

6.12.2 Plano vista planta





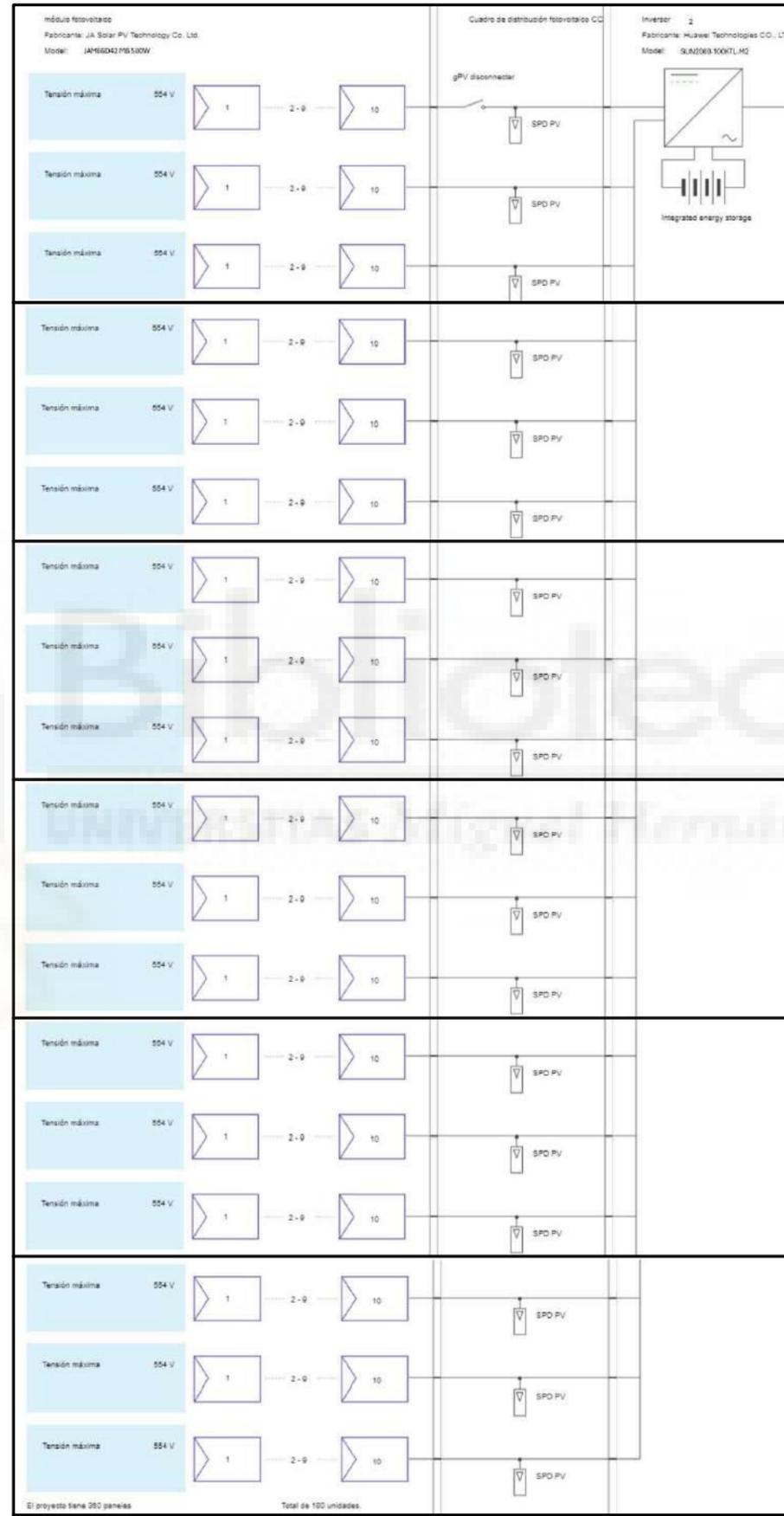
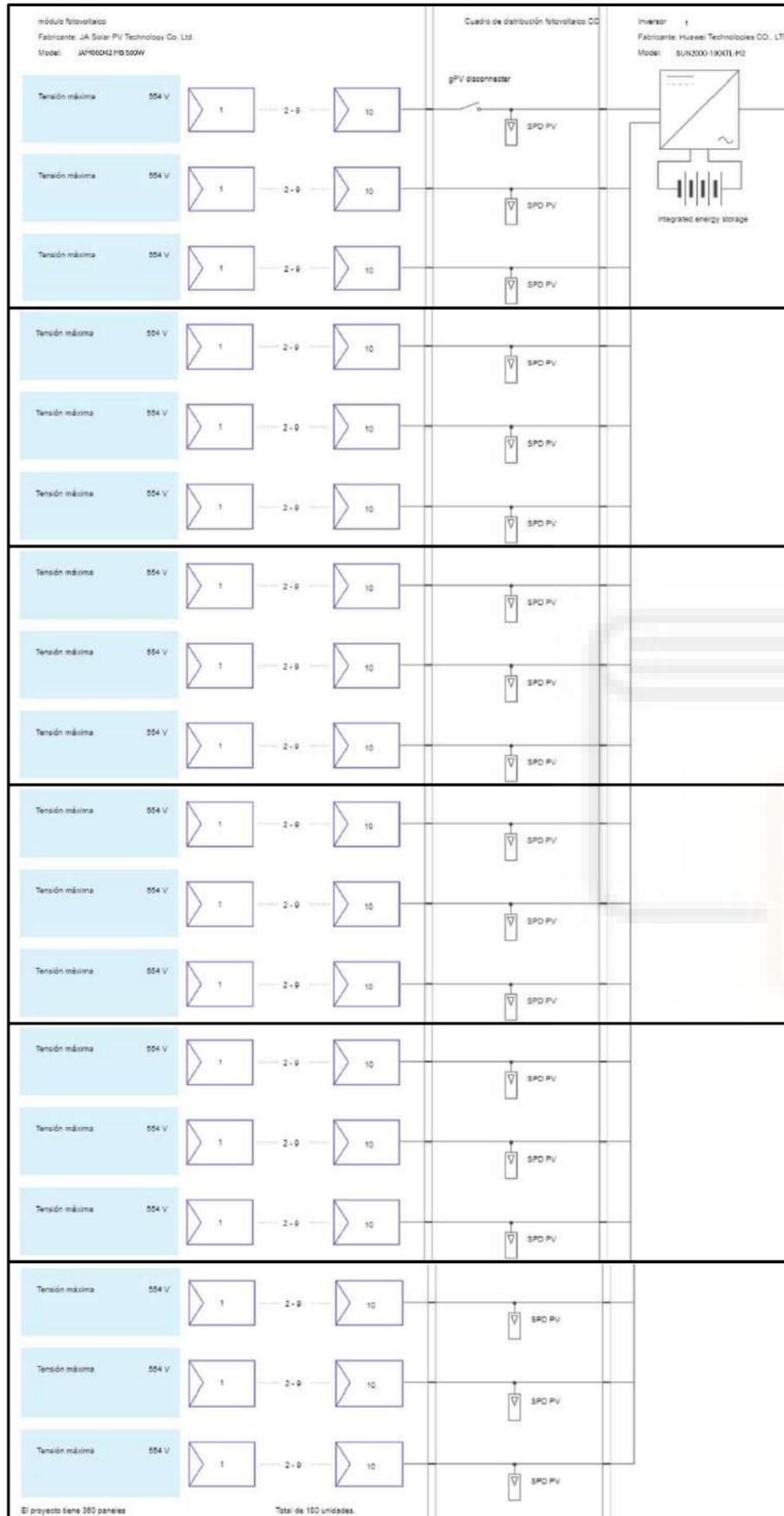
Nº de Módulos: 360
 Potencia Módulo: 580W
 Potencia pico: 208,8 kWp
 Nº de Inversores: 2
 Potencia Nominal: 200kWn
 Ángulo de Inclinación: 35°
 Ángulo de Azimut: -5°



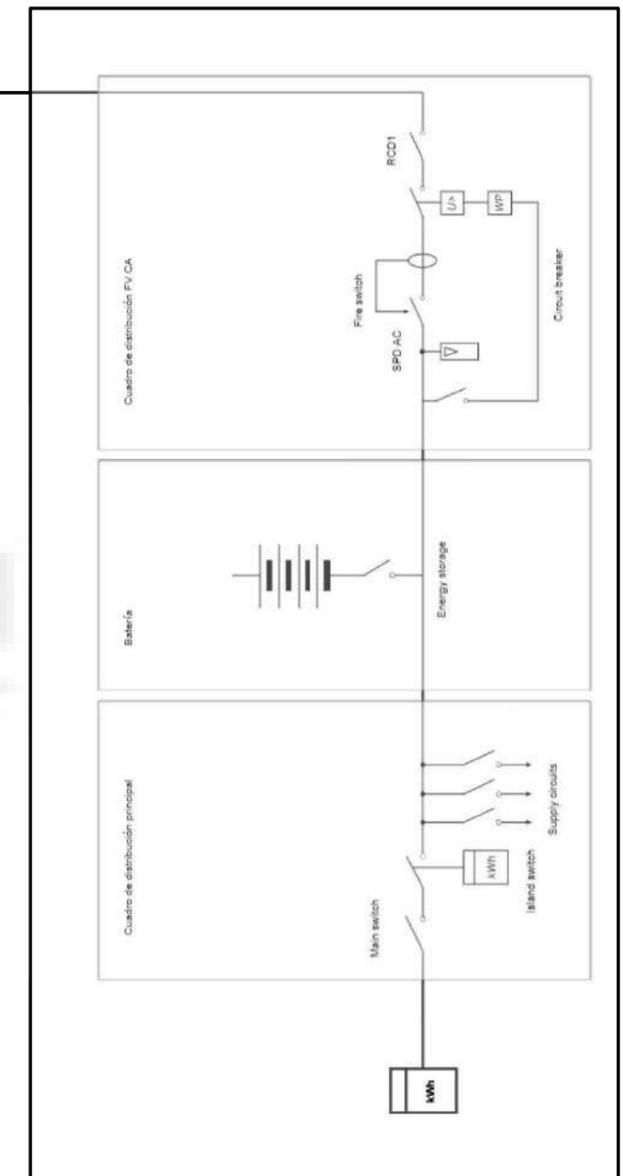
PROYECTO: ESTUDIO DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO PARA EDIFICIO DE VIVIENDAS		 UNIVERSITAS Miguel Hernández
EMPLAZAMIENTO: CAMINO DE MURCIA Nº21, CIEZA (MURCIA)		
PLANO DE: PLANTA	A-02	SE
ANULA Y SUSTITUYE:		
EXPEDIENTE: 1111-PSB	OCTUBRE 2024	
PROMOTOR: EDIFICIO DOÑA ADELA		
INGENIERO: PLACIDO SÁNCHEZ BALLESTEROS		

6.12.3 Plano esquema eléctrico





Corriente continua
 Tipo de cable --- Función del cable
Cable solar de 4 mm² de Cu--- Cable de los módulos
Cable H1Z2Z2-K de 6 mm² de Cu--- Entre subinsta. y Cuadro CC
Cable H1Z2Z2-K de 6 mm² de Cu ---Entre cuadro CC e inversor
Corriente alterna
 Tipo de cable --- Función del cable
Cable de RZ1(AS)AL 1x150mm²--- Entre inversor y embarrado B.T.

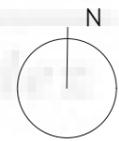
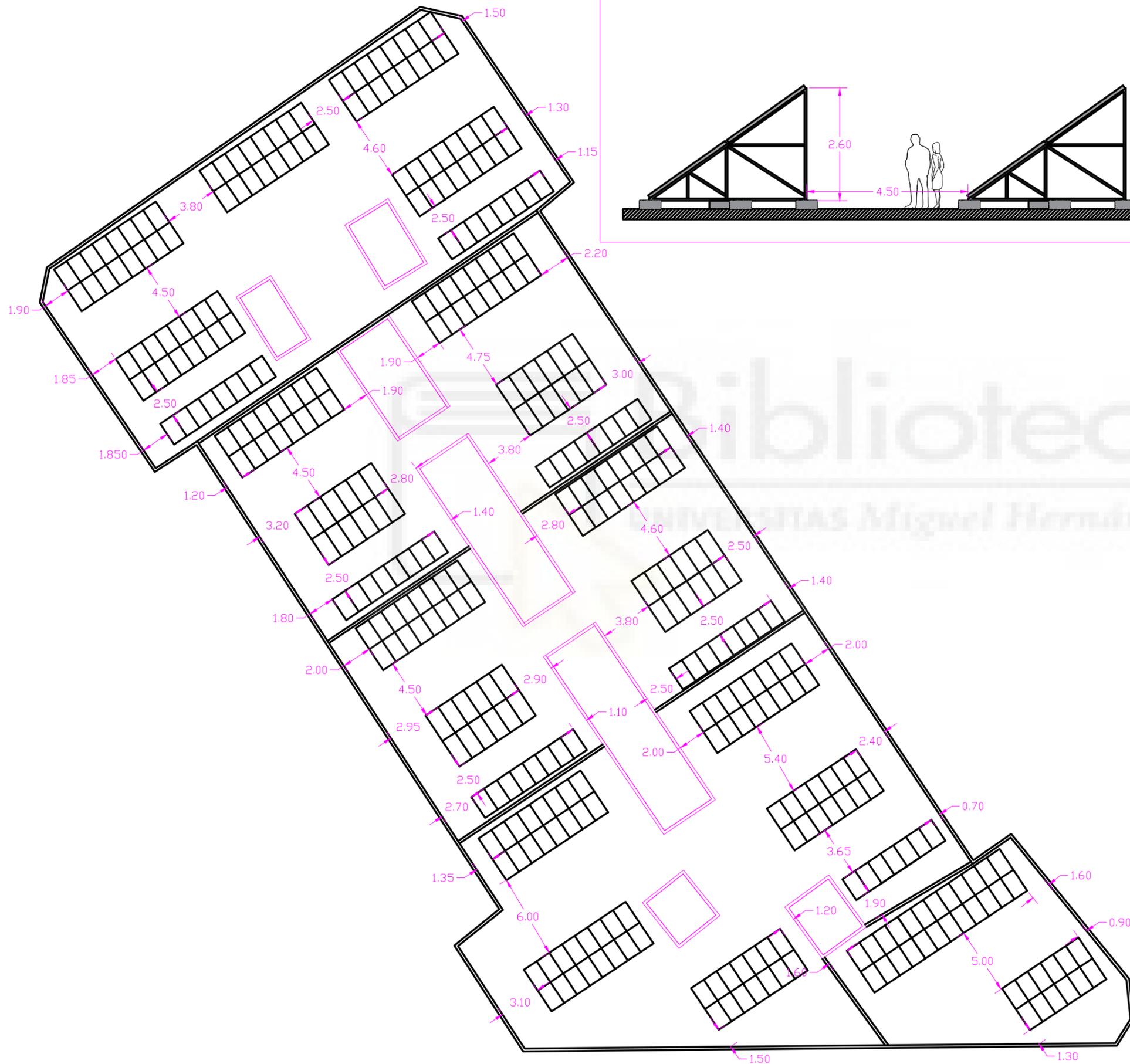
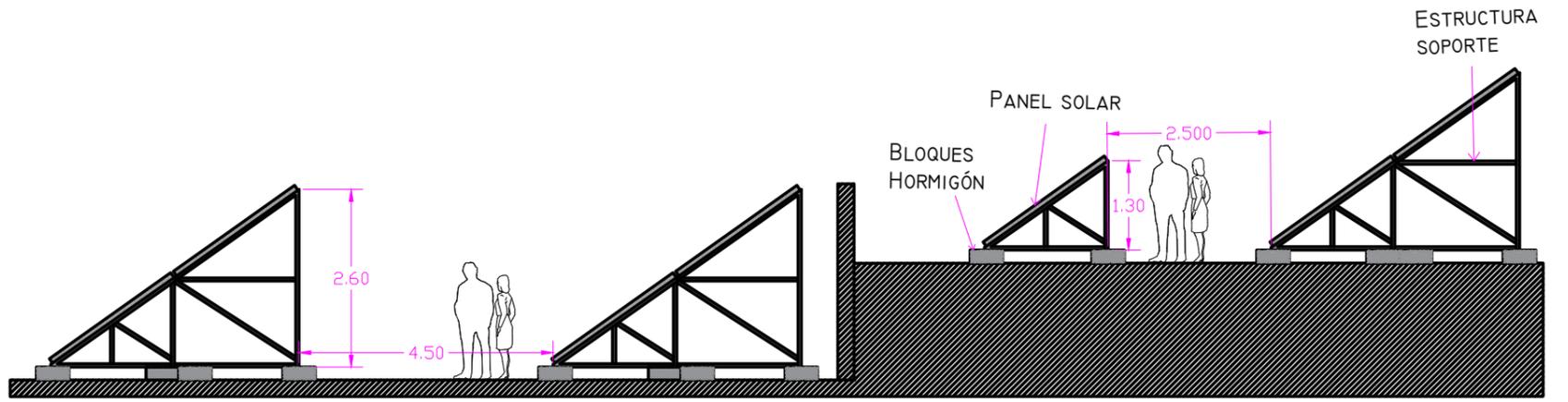


PROYECTO: ESTUDIO DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO PARA EDIFICIO DE VIVIENDAS		
EMPLAZAMIENTO: CAMINO DE MURCIA Nº21, CIEZA (MURCIA)		
PLANO DE ESQUEMA ELÉCTRICO	A-03	SE
ANULA Y SUSTITUYE:		
EXPEDIENTE: 1111-PSB	OCTUBRE 2024	
PROMOTOR: EDIFICIO DOÑA ADELA		
INGENIERO: PLACIDO SÁNCHEZ BALLESTEROS		

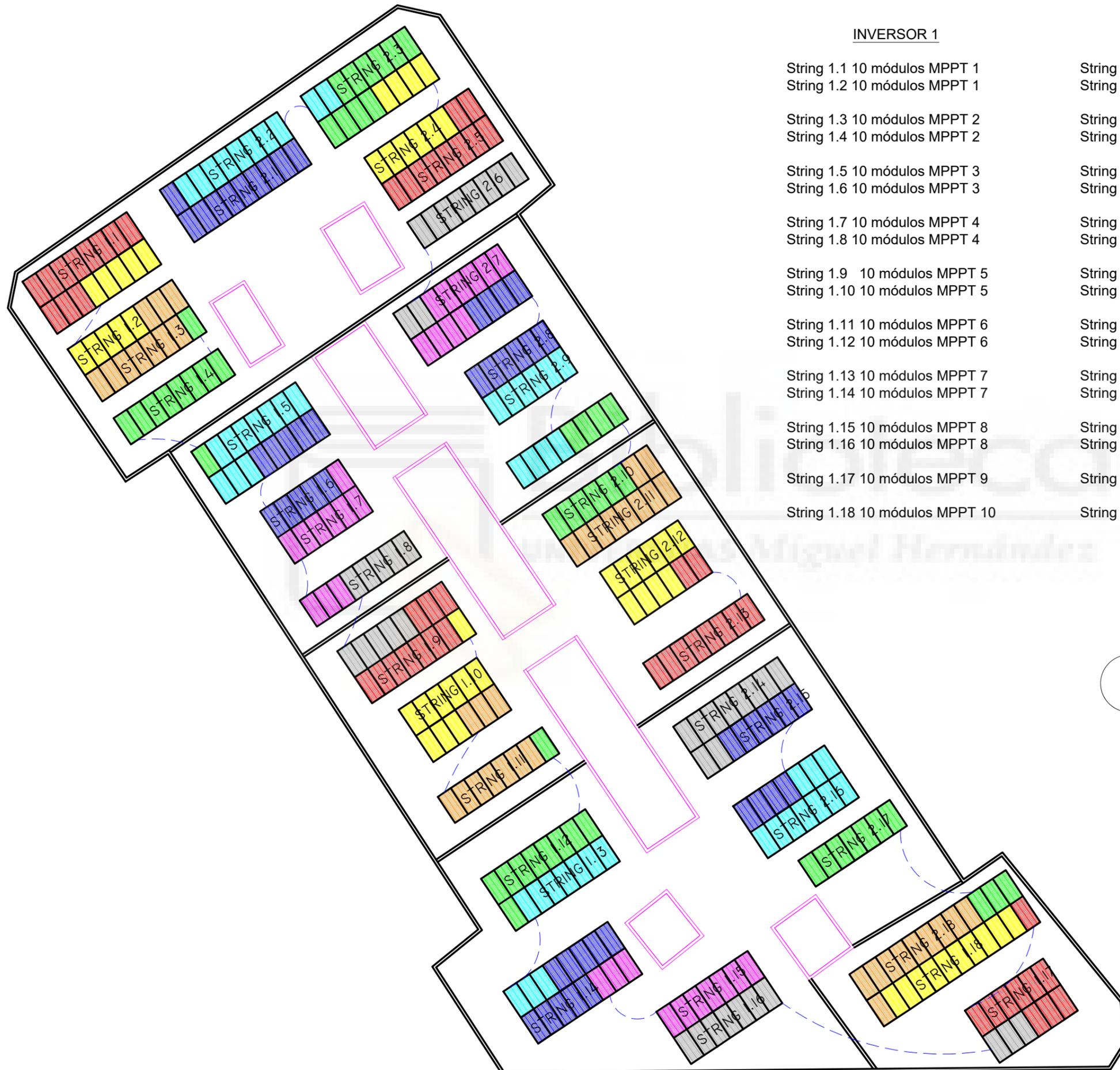
6.12.4 Plano cotas y detalle



DETALLE SEPARACIÓN ENTRE FILAS



PROYECTO: ESTUDIO DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO PARA EDIFICIO DE VIVIENDAS		
EMPLAZAMIENTO: CAMINO DE MURCIA Nº21, CIEZA (MURCIA)		
PLANO DE: COTAS Y DETALLE	A-04	SE
ANULA Y SUSTITUYE:		
EXPEDIENTE: 1111-PSB	OCTUBRE 2024	
PROMOTOR: EDIFICIO DOÑA ADELA		
INGENIERO: PLÁCIDO SÁNCHEZ BALLESTEROS		

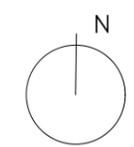


INVERSOR 1

- String 1.1 10 módulos MPPT 1
- String 1.2 10 módulos MPPT 1
- String 1.3 10 módulos MPPT 2
- String 1.4 10 módulos MPPT 2
- String 1.5 10 módulos MPPT 3
- String 1.6 10 módulos MPPT 3
- String 1.7 10 módulos MPPT 4
- String 1.8 10 módulos MPPT 4
- String 1.9 10 módulos MPPT 5
- String 1.10 10 módulos MPPT 5
- String 1.11 10 módulos MPPT 6
- String 1.12 10 módulos MPPT 6
- String 1.13 10 módulos MPPT 7
- String 1.14 10 módulos MPPT 7
- String 1.15 10 módulos MPPT 8
- String 1.16 10 módulos MPPT 8
- String 1.17 10 módulos MPPT 9
- String 1.18 10 módulos MPPT 10

INVERSOR 2

- String 2.1 10 módulos MPPT 1
- String 2.2 10 módulos MPPT 1
- String 2.3 10 módulos MPPT 2
- String 2.4 10 módulos MPPT 2
- String 2.5 10 módulos MPPT 3
- String 2.6 10 módulos MPPT 3
- String 2.7 10 módulos MPPT 4
- String 2.8 10 módulos MPPT 4
- String 2.9 10 módulos MPPT 5
- String 2.10 10 módulos MPPT 5
- String 2.11 10 módulos MPPT 6
- String 2.12 10 módulos MPPT 6
- String 2.13 10 módulos MPPT 7
- String 2.14 10 módulos MPPT 7
- String 2.15 10 módulos MPPT 8
- String 2.16 10 módulos MPPT 8
- String 2.17 10 módulos MPPT 9
- String 2.18 10 módulos MPPT 10



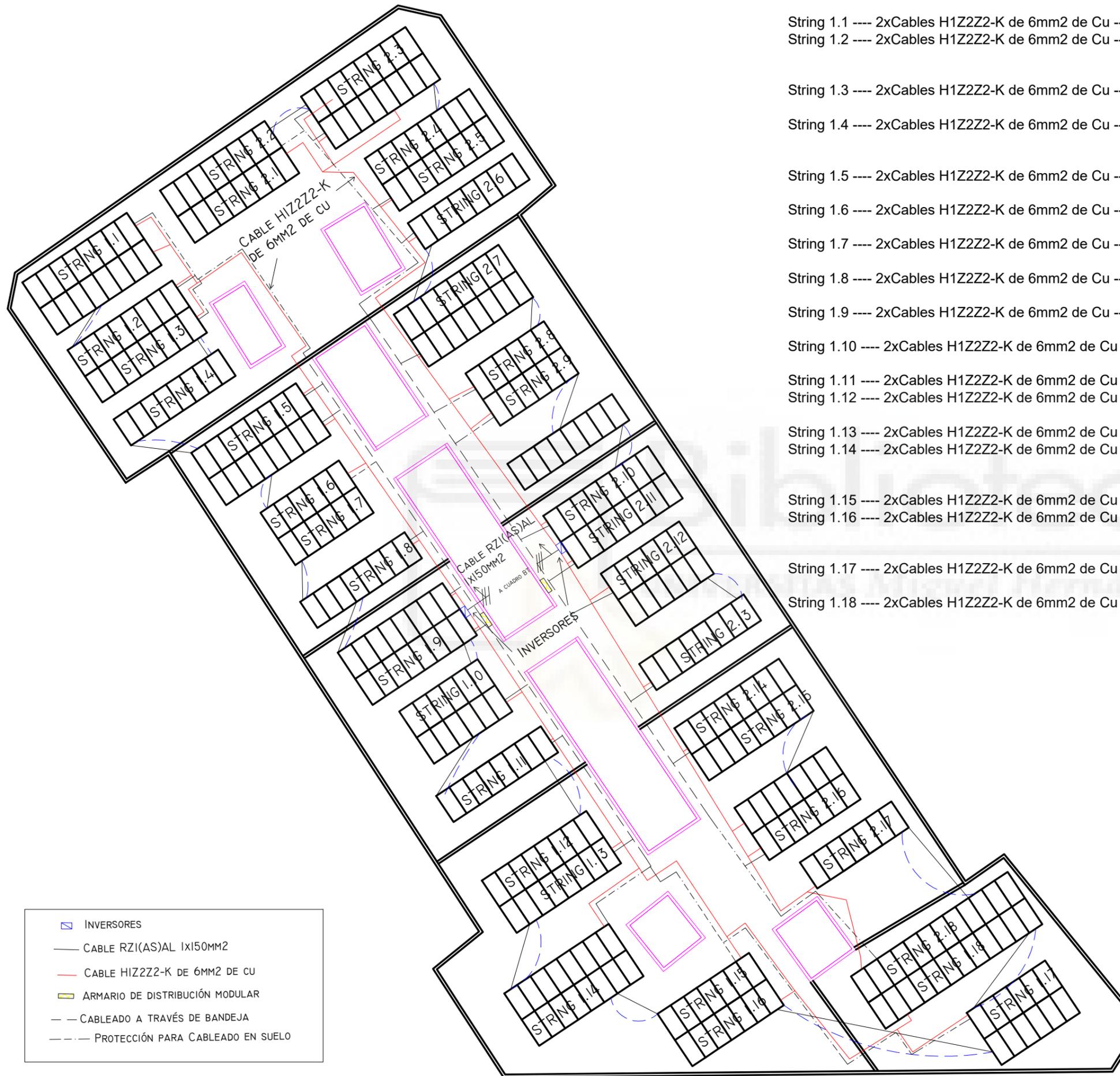
PROYECTO: ESTUDIO DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO PARA EDIFICIO DE VIVIENDAS		
EMPLAZAMIENTO: CAMINO DE MURCIA Nº21, CIEZA (MURCIA)		
PLANO DE: STRINGS	A-05	E=7:1000
ANULA Y SUSTITUYE:		
EXPEDIENTE: 1111-PSB	OCTUBRE 2024	
PROMOTOR: EDIFICIO DOÑA ADELA		
INGENIERO: PLACIDO SANCHEZ BALLESTEROS		

6.12.5 Plano distribución string



6.12.6 Plano detalle





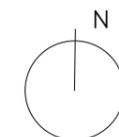
INVERSOR 1

- String 1.1 ---- 2xCables H1Z2Z2-K de 6mm2 de Cu --- 43m
- String 1.2 ---- 2xCables H1Z2Z2-K de 6mm2 de Cu --- 40m
- String 1.3 ---- 2xCables H1Z2Z2-K de 6mm2 de Cu --- 38m
- String 1.4 ---- 2xCables H1Z2Z2-K de 6mm2 de Cu --- 38m
- String 1.5 ---- 2xCables H1Z2Z2-K de 6mm2 de Cu --- 25m
- String 1.6 ---- 2xCables H1Z2Z2-K de 6mm2 de Cu --- 22m
- String 1.7 ---- 2xCables H1Z2Z2-K de 6mm2 de Cu --- 17m
- String 1.8 ---- 2xCables H1Z2Z2-K de 6mm2 de Cu --- 10m
- String 1.9 ---- 2xCables H1Z2Z2-K de 6mm2 de Cu --- 5m
- String 1.10 ---- 2xCables H1Z2Z2-K de 6mm2 de Cu --- 5m
- String 1.11 ---- 2xCables H1Z2Z2-K de 6mm2 de Cu --- 12m
- String 1.12 ---- 2xCables H1Z2Z2-K de 6mm2 de Cu --- 15m
- String 1.13 ---- 2xCables H1Z2Z2-K de 6mm2 de Cu --- 25m
- String 1.14 ---- 2xCables H1Z2Z2-K de 6mm2 de Cu --- 30m
- String 1.15 ---- 2xCables H1Z2Z2-K de 6mm2 de Cu --- 35m
- String 1.16 ---- 2xCables H1Z2Z2-K de 6mm2 de Cu --- 40m
- String 1.17 ---- 2xCables H1Z2Z2-K de 6mm2 de Cu --- 52m
- String 1.18 ---- 2xCables H1Z2Z2-K de 6mm2 de Cu --- 62m

INVERSOR 2

- String 2.1 ---- 2xCables H1Z2Z2-K de 6mm2 de Cu --- 40m
- String 2.2 ---- 2xCables H1Z2Z2-K de 6mm2 de Cu --- 40m
- String 2.3 ---- 2xCables H1Z2Z2-K de 6mm2 de Cu --- 40m
- String 2.4 ---- 2xCables H1Z2Z2-K de 6mm2 de Cu --- 40m
- String 2.5 ---- 2xCables H1Z2Z2-K de 6mm2 de Cu --- 32m
- String 2.6 ---- 2xCables H1Z2Z2-K de 6mm2 de Cu --- 25m
- String 2.7 ---- 2xCables H1Z2Z2-K de 6mm2 de Cu --- 20m
- String 2.8 ---- 2xCables H1Z2Z2-K de 6mm2 de Cu --- 15m
- String 2.9 ---- 2xCables H1Z2Z2-K de 6mm2 de Cu --- 5m
- String 2.10 ---- 2xCables H1Z2Z2-K de 6mm2 de Cu --- 5m
- String 2.11 ---- 2xCables H1Z2Z2-K de 6mm2 de Cu --- 10m
- String 2.12 ---- 2xCables H1Z2Z2-K de 6mm2 de Cu --- 18m
- String 2.13 ---- 2xCables H1Z2Z2-K de 6mm2 de Cu --- 24m
- String 2.14 ---- 2xCables H1Z2Z2-K de 6mm2 de Cu --- 30m
- String 2.15 ---- 2xCables H1Z2Z2-K de 6mm2 de Cu --- 30m
- String 2.16 ---- 2xCables H1Z2Z2-K de 6mm2 de Cu --- 40m
- String 2.17 ---- 2xCables H1Z2Z2-K de 6mm2 de Cu --- 36m
- String 2.18 ---- 2xCables H1Z2Z2-K de 6mm2 de Cu --- 44m

- INVERSORES
- CABLE RZI(AS)AL 1X150MM2
- CABLE H1Z2Z2-K DE 6MM2 DE CU
- ARMARIO DE DISTRIBUCIÓN MODULAR
- CABLEADO A TRAVÉS DE BANDEJA
- PROTECCIÓN PARA CABLEADO EN SUELO



PROYECTO: ESTUDIO DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO PARA EDIFICIO DE VIVIENDAS		
EMPLAZAMIENTO: CAMINO DE MURCIA Nº21, CIEZA (MURCIA)		
PLANO DE: DETALLE	A-06	E=7:1000
ANULA Y SUSTITUYE:		
EXPEDIENTE: 1111-PSB	OCTUBRE 2024	
PROMOTOR: EDIFICIO DOÑA ADELA		
INGENIERO: PLACIDO SANCHEZ BALLESTEROS		

7 RENTABILIDAD

Gracias a los datos proporcionados se ha creado un plan para empezar a ahorrar en la factura de la luz desde el primer día.

Como se ha hecho referencia lo largo del trabajo se cuenta con una potencia nominal de 200kW, 360 módulos solares y una potencia de pico instalada de 208,8 kWp, lo que se podría traducir en un ahorro de hasta un 90% en la factura eléctrica.

7.1 Periodos de tarificación eléctrica

	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Consumo anual por periodo	20.774	33.844	27.406	33.372	17.770	101.833
Precio(€/kWh)	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18

Siendo el resultante final de consumo 235.000,00 kWh, derivando a un coste anual de energía eléctrica de cerca 45.000,00€.

Con los datos anteriores y estimando una producción fotovoltaica de **323.102,57 kWh** de la cual se traducirá en energía autoconsumida 105.900,00kWh. A su vez la energía que será exportada alcanza la cifra de 217.202,57 kWh, que se refleja en un ahorro que supera los 40.000€.



Figura 92: Reparto de energía

7.2 Rendimiento

Una vez analizado mensualmente la “demanda”, la “producción” y el “autoconsumo”, el resultado de forma gráfica se muestra a continuación:

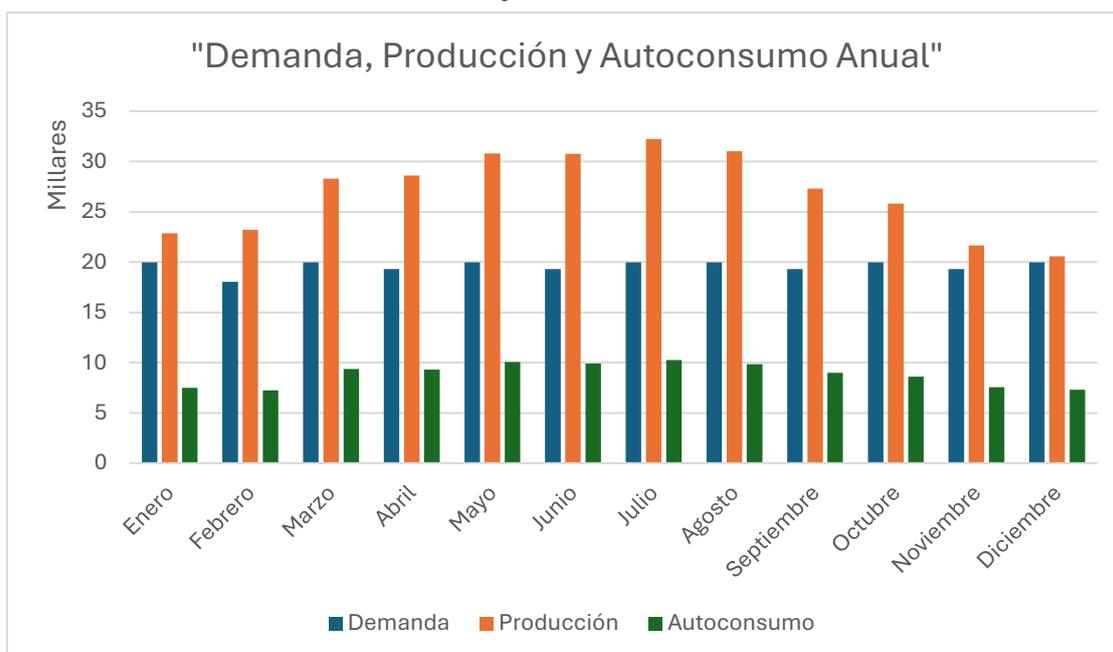


Figura 93: Demanda, producción y autoconsumo a lo largo del año

Realizando una representación aproximada de las curvas diarias de “demanda”, “Producción” y “Autoconsumo” que se pueden presentar en cada estación del año obtenemos las siguientes gráficas.

Invierno

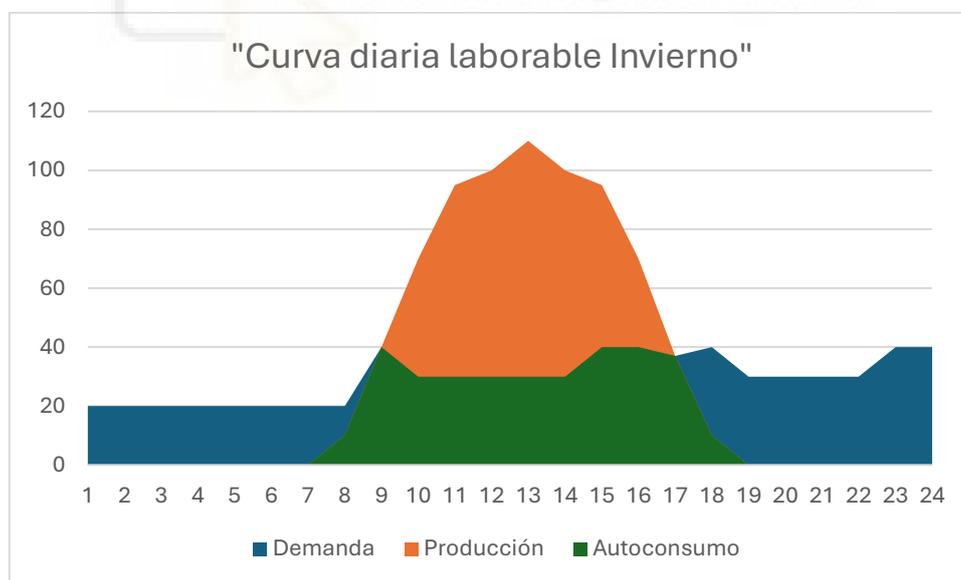


Figura 94: Curva diaria para un día laborable en invierno

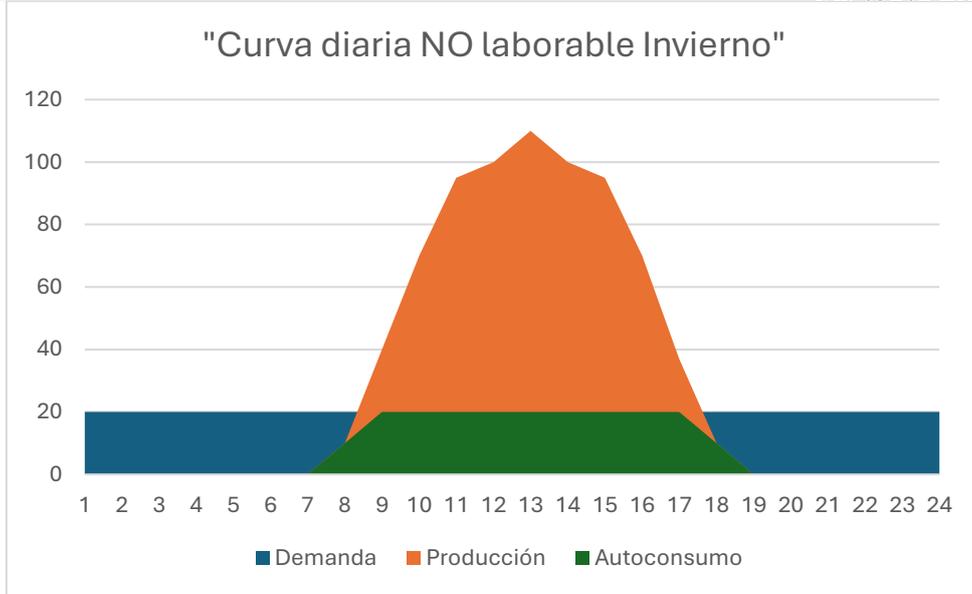


Figura 95: Figura 96: Curva diaria para un día NO laborable en invierno

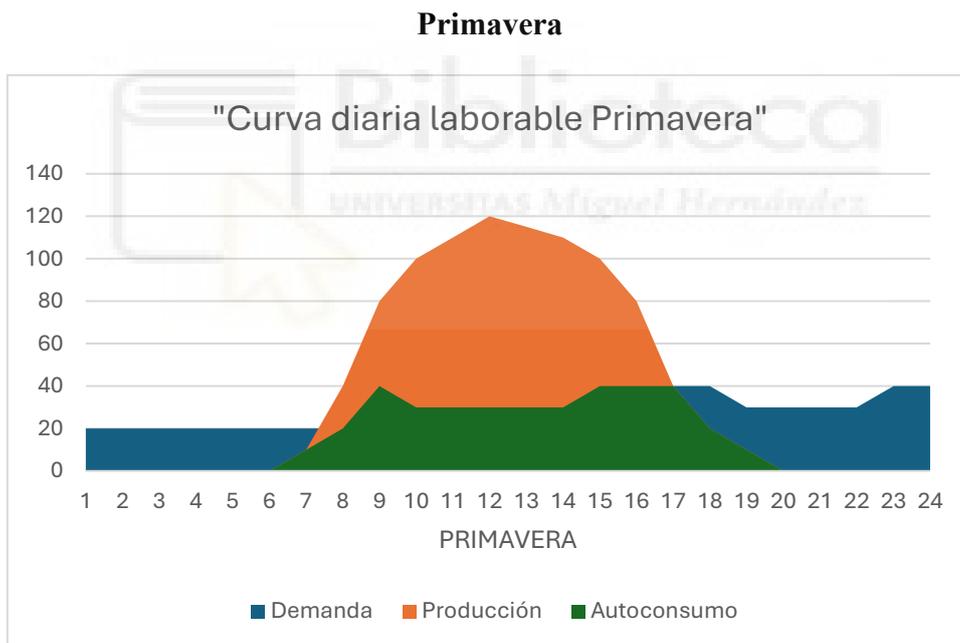


Figura 97: Figura 98: Curva diaria para un día laborable en primavera

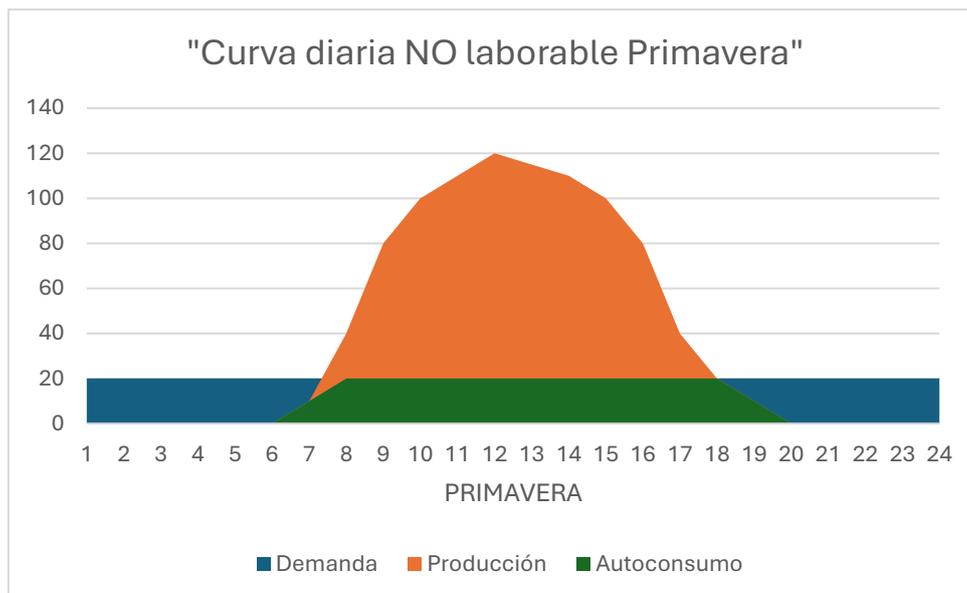


Figura 99: Curva diaria para un día NO laborable en primavera

Verano

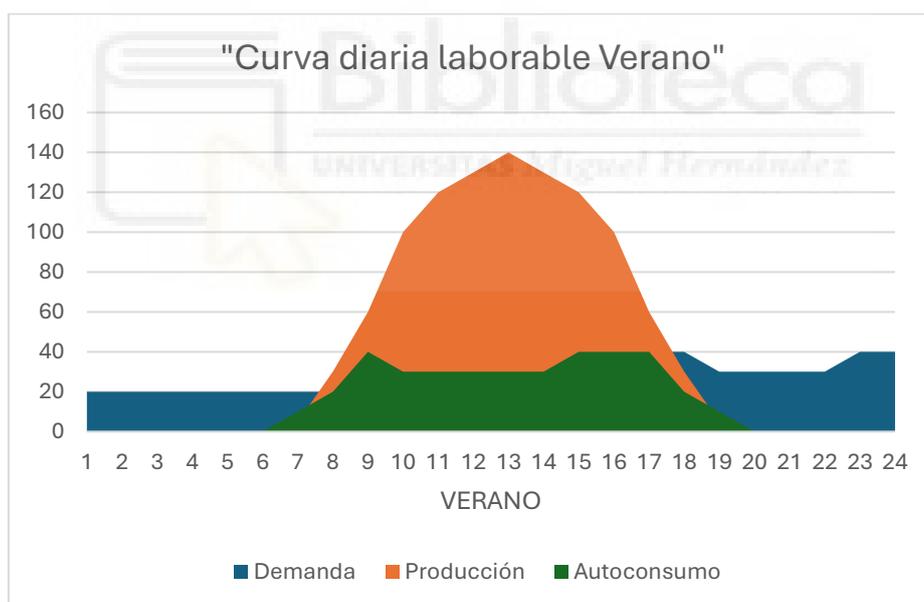


Figura 100: Curva diaria para un día laborable en verano

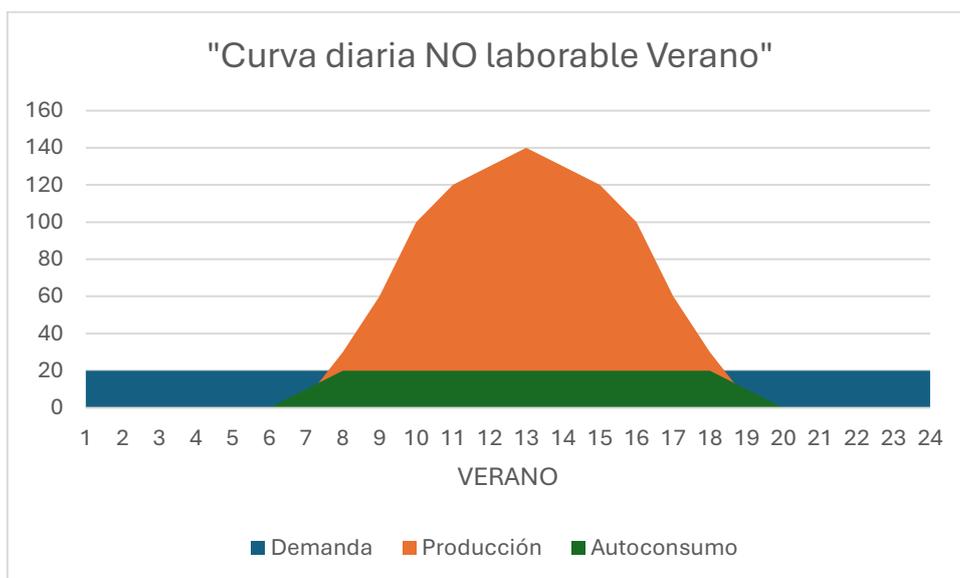


Figura 101: Curva diaria para un día NO laborable en verano

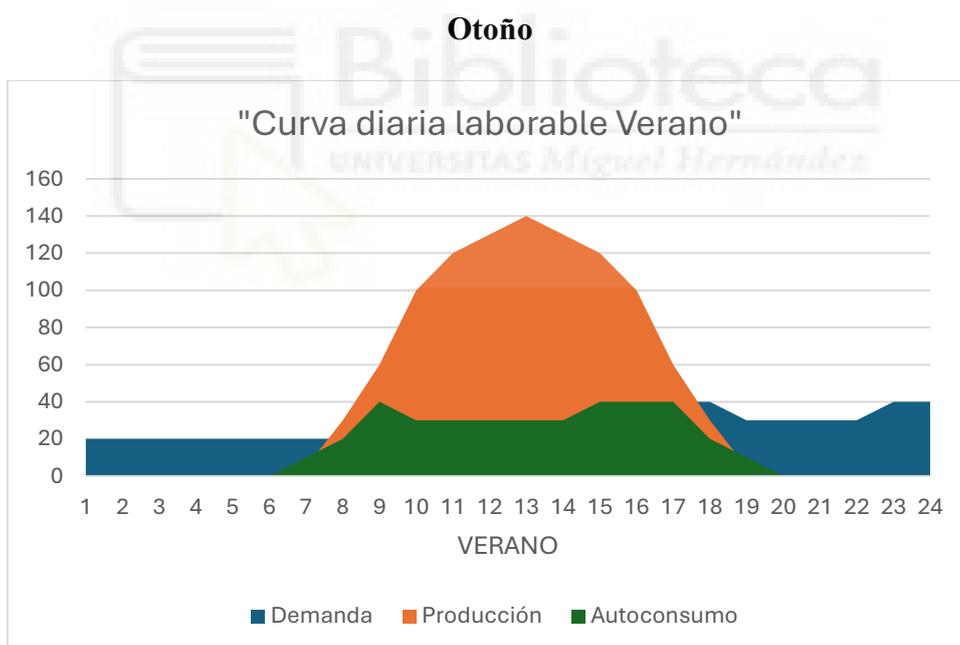


Figura 102: Curva diaria para un día laborable en otoño

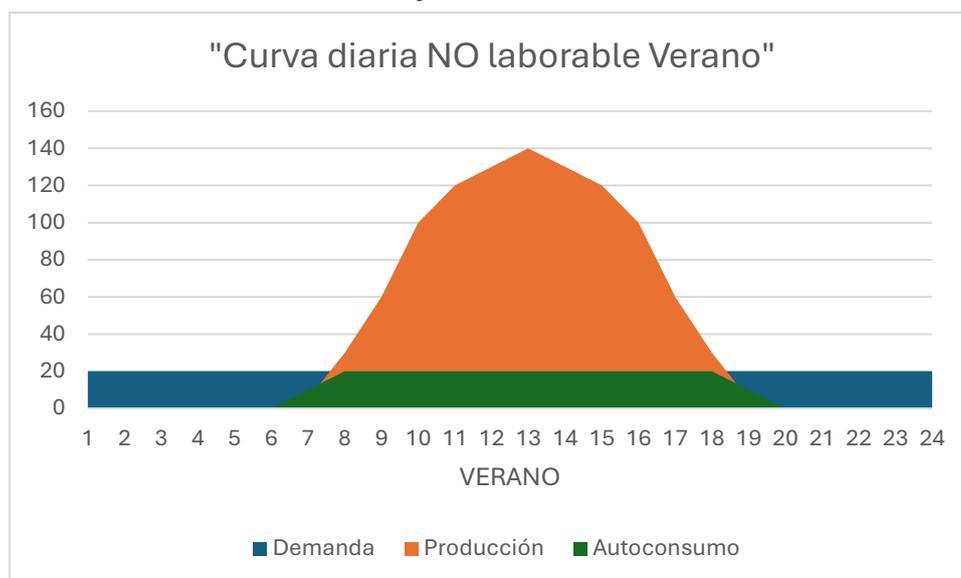


Figura 103: Curva diaria para un día NO laborable en otoño

7.3 Ahorro mensual

Tabla 17: Factura mes promedio sin fotovoltaica

	FACTURA MES PROMEDIO						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	TOTAL
Consumo mensual (kWh)	1.731,00	2.820,00	2.284,00	2.781,00	1.481,00	8.486,00	
Precio energía	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	
Importe energía	311,58	507,60	411,12	500,58	266,58	1.527,48	3.524,94
Potencia (kW)	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00	
Importe potencia	220,34	220,34	220,34	220,34	220,34	381,59	1.483,29
Impuesto eléctrico	29,84	41,52	35,77	41,10	27,15	110,56	285,94
Importe alquiler y otros							65,60
Importe IVA							1.248,94
Total factura							6.608,71

- Energía demandada de la red = Demanda anual - Energía autoconsumida

- Energía demandada de la red = $234.949,29 - 105.900,00 = 129.049,29$ kWh

Se divide entre doce y se aplica un factor de conversión de 0,5492 a cada periodo.

Tabla 18: Futura factura de mes con fotovoltaica

FACTURA MES PROMEDIO CON FOTOVOLTAICA							
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	TOTAL
Consumo mensual (kWh)	950,59	1.548,62	1.254,27	1.527,20	813,30	4.660,13	
Precio energía	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	
Importe energía	171,11	278,75	225,77	274,90	146,39	838,82	1.935,74
Potencia (kW)	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00	
Importe potencia	220,34	220,34	220,34	220,34	220,34	381,59	1.483,29
Impuesto eléctrico	19,37	25,25	21,74	22,73	17,35	84,80	191,24
Importe alquiler y otros							65,60
Importe IVA							839,87
Total factura							4.515,74
Energía compensada							1.810,02
Total Final							2.705,72

Ahorro mensual	3.902,99 €
-----------------------	-------------------

- **Coste de la instalación CON IVA:** 183.015,65€
- **Coste de la instalación SIN IVA:** 151.252,60€
- **Ahorro PRIMER año:** 46.835,88€
- **Retorno Inversión:** 3 años y 9 meses

8 CONCLUSIÓN

Tabla 19: Estudio por número de viviendas participantes

	VIVIENDAS PARTICIPANTES					
	TOTALES	10	25	40	60	80
kWp Instalados	208,8	20,88	8,35	5,22	3,48	2,61
Paneles Fotovoltaicos	360	36,00	14,40	9,00	6,00	4,50
Producción fotovoltaica en kWh/año	323102,5	32310,25	12924,1	8077,5625	5385,04	4038,78
Inversión SIN IVA	151252,6	15125,26	6050,104	3781,315	2520,87667	1890,6575
Inversión CON IVA	183015,65	18301,565	7320,626	4575,39125	3050,26083	2287,69563
AUTOCONSUMO	105.900,00	10.590,00	4.236,00	2.647,50	1.765,00	1.323,75
EXCEDENTES	217.202,57	21.720,26	8.688,10	5.430,06	3.620,04	2.715,03
€ Autoconsumo	0,18	1.906,20	762,48	476,55	317,70	238,28
€ Excedentes	0,1	2.172,03	868,81	543,01	362,00	271,50
Total Ahorro anual SIN IVA		4.078,23	1.631,29	1.019,56	679,70	509,78
Total Ahorro anual CON IVA 21%		4.934,65	1.973,86	1.233,66	822,44	616,83
Total Ahorro 25 años CON IVA 21%		123.366,33	49.346,53	30.841,58	20.561,05	15.420,79
Periodo de amortización en años sin tener en cuenta las ayudas		3 años y 9 meses				

Para concluir el trabajo se ha recogido en una tabla resumen los datos más relevantes y se ha llevado a cabo una comparativa para mostrar las diferentes casuísticas dependiendo del número de vecinos que estén dispuestos a participar en la instalación de los paneles fotovoltaicos.

9 BIBLIOGRAFÍA

- AleaSoft Energy Forecasting. (2020, enero 17). AleaSoft Energy Forecasting - Potenciando energías renovables. AleaSoft Energy Forecasting. <https://aleasoft.com/es/>
- Aparicio, M. P. (2020). *Radiación solar y su aprovechamiento energético*. Marcombo.
- APPA Renovables. (2024a). INFORME ANUAL DEL AUTOCONSUMO FOTOVOLTAICO 2023. [Informeautoconsumo.es](https://www.informeautoconsumo.es/wp-content/uploads/2024/01/Informe-Autoconsumo-Fotovoltaico-2023.pdf). <https://www.informeautoconsumo.es/wp-content/uploads/2024/01/Informe-Autoconsumo-Fotovoltaico-2023.pdf>
- APPA Renovables. (2024b, enero 22). II Informe Anual del Autoconsumo Fotovoltaico. Informe AutoConsumo. <https://www.informeautoconsumo.es/ii-informe-anual-del-autoconsumo-fotovoltaico/>
- Barbosa Urbano, J. (2013). Estudio comparativo entre variables fotovoltaicas de dos sistemas de paneles solares (monocristalino y policristalino) en Bogotá.
- Campos Linares, S. D. J., Cruz Ruíz, J. D. J., & Torres Velázquez, L. R. (2016). CONTROL DE UN CONCENTRADOR SOLAR. <http://repositoriodigital.tuxtla.tecnm.mx/xmlui/handle/123456789/2244>
- Carbonell, M. (2023, marzo 30). ¿Dónde se debe instalar el inversor solar? Hogarsense.es; DAA GmbH. <https://www.hogarsense.es/placas-solares/donde-colocar-inversor-solar>
- Cordero, R. G. (2021, diciembre 18). Tipos de paneles solares. SunFields | Expertos en Energía Fotovoltaica para Ahorro Energético en España; SunFields Europe. <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/tipos-de-placas-solares/>
- DamiaSolar. (2023, julio 19). La evolución de los precios de los paneles solares. ¿Cómo han cambiado en los últimos años? Blog Damia Solar. <https://www.damiasolar.com/blog/la-evolucion-de-los-precios-de-los-paneles-solares-como-han-cambiado-en-los-ultimos-anos/>
- De Kuyper, J. C. V. (2018). *Principios y aplicaciones de la energía fotovoltaica y de las baterías*. Ediciones UC.

- EPIA (Asociación Europea de la Industria Fotovoltaica). (2012). La energía solar fotovoltaica compite en el sector energético: en el camino hacia la competitividad .<https://iea-pvps>
- Fajardo, G. (2021). El Autoconsumo de energía renovable, las comunidades energéticas y las cooperativas. *Noticias de la economía pública, social y cooperativa*, (66).
- Fernández Díaz, D. (2023). Proyecto de instalación solar fotovoltaica sin excedentes para autoconsumo de un supermercado.
- Flor. (2023, octubre 4). Estos son los tipos de autoconsumo fotovoltaico en España según la legislación actual. E4e Soluciones. <https://www.e4e-soluciones.com/blog-eficiencia-energetica/tipos-autoconsumo-fotovoltaico-espana-legislacion-actual>
- Freire, N. (2024, marzo 24). Este fenómeno hizo a Einstein ganar el Nobel. National geographic. https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/fenomeno-que-hizo-a-einstein-ganar-nobel_21873
- García Hernández, S. (2021). Diseño de una instalación solar fotovoltaica para suministro de energía eléctrica a una vivienda unifamiliar.
- Gomez, A. (2022, diciembre 15). Charles Fritts, el desconocido inventor de los paneles solares. IDES. <https://ingenieriasolar.es/charles-fritts-el-desconocido-inventor/>
- Haro, I. (2020, diciembre 18). Placas solares en Alicante: de su instalación al ahorro. Selectra. <https://selectra.es/autoconsumo/provincias/alicante>
- Haro, I. (2021, febrero 24). El contador bidireccional con placas solares: uso y precio. Selectra. <https://selectra.es/autoconsumo/info/componentes/contador-bidireccional>
- Hilcu, M. (2021, mayo 31). No dejes que tus placas solares “salgan volando” 🚀. Otovo Blog. <https://www.otovo.es/blog/placas-solares/estructuras-paneles-solares/>
- Hilcu, M. (2024, enero 2). Autoconsumo Solar Fotovoltaico: Guía Completa. Otovo Blog. <https://www.otovo.es/blog/autoconsumo/autoconsumo-fotovoltaico-todo-lo-que-tenes-que-saber/>
- Jiménez Goas, I. (2020). Estudio de viabilidad de un nuevo modelo de negocio basado en la gestión del uso compartido de energía fotovoltaica.

Jiménez Jiménez, J. C. (2023). Una aproximación experimental al estudio sobre el fenómeno de la transformación

Kennedy, R. (2023, diciembre 12). El LCOE de la energía solar es un 29% más bajo que el de los combustibles fósiles, según EY. pv magazine España. <https://www.pv-magazine.es/2023/12/12/el-lcoe-de-la-energia-solar-es-un-29-mas-bajo-que-el-de-los-combustibles-fosiles-segun-ey/>

Li, Y. (2022). Estudio del mercado fotovoltaico mundial y chino. Universidad de Valladolid.

Marín, C. (2023, diciembre 20). Evolución de precios de los paneles solares. ¿Cómo han cambiado en los últimos años? Vecosolar. https://vecosolar.com/blog/es/evolucion-de-precios-de-los-paneles-solares-como-han-cambiado-en-los-ultimos-anos/?srsrtid=AfmBOooaGeVx_eCZpTCA_XpIz5dmhSN2hdiNoynfptz__MZwhqdlqYZ

Mateo, J. (2023, septiembre 20). Inversores solares o fotovoltaicos: ¿qué son y cómo funcionan? POWEN. <https://powen.es/inversores-solares/>

Muñoz, A. (2024, septiembre 16). Radiografía autoconsumo solar 2023 y previsión 2024. EDP Blog. <https://www.edpenergia.es/es/blog/energia-fotovoltaica/radiografia-autoconsumo-2023-crecimiento-2024/>

Nandwani, S. S. (2005). Energía solar. Conceptos básicos y su utilización. *Universidad Nacional, Heredia (Costa Rica)*. Jun, 1-26.

Potencia Instalada. (2024, enero 3). Informe AutoConsumo. <https://www.informeautoconsumo.es/potencia-instalada/>

Redondo Llano, P. (2016). Medida de la eficiencia de células solares recubiertas por concentradores dieléctricos.

Ruiz, E. (2019, octubre 9). ¿Qué son las placas solares policristalinas y si debo utilizarlas? SolarPlus.es. <https://solarplus.es/paneles-solares-policristalinos>

Ruiz, E. (2023, mayo 1). ¿Cómo elegir la potencia de los paneles fotovoltaicos? SolarPlus.es. <https://solarplus.es/como-elegir-la-potencia>

Trabajo Final de Máster

- Seguí, P. (2022, septiembre 26). Energía solar fotovoltaica. OVACEN.
<https://ovacen.com/energias-renovables/solar/fotovoltaica/>
- Soto, I. P. (2005). Celdas fotovoltaicas en generación distribuida. Santiago de Chile, 7.
- Tomé, C. (2019, junio 18). El desconcertante efecto fotoeléctrico — Cuaderno de Cultura Científica. Cuaderno de Cultura Científica.
<https://culturacientifica.com/2019/06/18/el-desconcertante-efecto-fotoelectronico/>
- Torrubia Becerral, A. (2020, septiembre). Proyecto de planta fotovoltaica con paneles bifaciales. Upm.es.
https://oa.upm.es/71712/2/TFM_ALEJANDRO_TORRUBIA_BERCEBAL.pdf
- Tthegap, T. (2021, octubre 15). Tipos de autoconsumo fotovoltaico. MySolarEnergy.
<https://www.mysolarenergy.es/tipos-de-autoconsumo-fotovoltaico/>

