



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



## **TRABAJO FIN DE GRADO**

**Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática**

Universidad Politécnica de Valencia  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

**Diseño de la instalación eléctrica de un edificio y de una instalación fotovoltaica para suministro a un edificio de viviendas y un local comercial.**

Autor: Rafael Leal Benlloch  
Tutor: Vicente Donderis Quiles

*Curso académico: 2020/2021*

# Resumen

---

El objetivo de este TFG es actualizar la instalación eléctrica de un edificio con tres plantas y un local comercial y añadir una instalación fotovoltaica sobre la azotea de un edificio. Para el diseño de la instalación se tendrán en cuenta tanto los diferentes tipos de autoconsumo eléctrico existentes, como los distintos tipos de paneles solares fotovoltaicos, así como la distribución de los paneles sobre la azotea para colocar el máximo número posible, evitando que proyecten sombras unos sobre otros para aprovechar al máximo su rendimiento.

El proyecto constará de los documentos necesarios para un TFG: memoria, pliego de condiciones, planos de la instalación y de ubicación del edificio y el presupuesto del proyecto. Además, estará incluido un análisis de la viabilidad económica de la instalación para mostrar, con datos económicos, si es factible o no la implementación del sistema.

**Palabras clave:** instalación fotovoltaica, células fotovoltaicas, energía renovable, instalación eléctrica, diseño, edificio.

# Abstract

---

The objective of this dissertation is to update the electrical installation of a building with three floors and a commercial space and add a photovoltaic installation on the roof of a building. The design of the installation will take into account the different types of existing electrical self-consumption and the different types of photovoltaic solar panels, as well as the distribution of the panels on the roof in order to place the maximum number possible, avoiding shadows on each other to maximize their performance.

The project will consist of the necessary documents for a dissertation: memory, specifications, drawings of the installation and location of the building and the project budget. In addition, an analysis of the economic viability of the installation will be included to show, with economic data, whether or not the implementation of the system is feasible.

**Keywords:** photovoltaic installation, photovoltaic cells, renewable energy, electrical installation, design, building.

# Índice

## MEMORIA DESCRIPTIVA

1.	Introducción .....	12
1.1.	Los combustibles fósiles .....	12
1.2.	Medidas contra el cambio climático .....	13
1.2.1.	Protocolo de Kioto .....	14
1.2.2.	Acuerdo de París .....	14
1.2.3.	Iniciativas de la Unión Europea contra el cambio climático .....	14
1.2.4.	Objetivos generales contra el cambio climático en España .....	15
1.3.	Costes de las energías renovables.....	15
1.4.	Ventajas de la energía solar fotovoltaica .....	16
1.5.	Uso de la energía solar fotovoltaica en la actualidad .....	16
2.	Objetivo del proyecto.....	16
3.	Funcionamiento de las células fotovoltaicas .....	17
4.	Modalidades de autoconsumo de energía eléctrica .....	19
5.	Orientación e inclinación de las placas .....	20
6.	Radiación solar en el lugar en que se ubica el edificio.....	20
7.	Consumo eléctrico del edificio .....	24
8.	Diseño para un sistema aislado de la red eléctrica .....	24
9.	Viabilidad del sistema aislado de la red eléctrica .....	29
10.	Elección del modelo de autoconsumo con excedentes .....	30
11.	Elección de los paneles fotovoltaicos.....	31
11.1.	Paneles policristalinos .....	32
11.2.	Paneles monocristalinos.....	33
11.3.	Elección de los paneles.....	34
12.	Efecto de las sombras sobre los paneles fotovoltaicos.....	35
13.	Dimensionamiento de la instalación fotovoltaica.....	38
13.1.	Caja de conexiones.....	38
13.2.	Inversor .....	39
13.3.	Cableado.....	40
13.3.1.	Diseño del recorrido del cableado .....	40
13.3.2.	Características del cableado.....	46
13.4.	Protecciones de la instalación fotovoltaica.....	52
13.4.1.	Dispositivos de protección .....	52

13.5.	Puesta a tierra .....	54
13.6.	Contadores .....	55
14.	Elección de los anclajes para los paneles .....	56
15.	Coste de la instalación fotovoltaica y viabilidad económica.....	58
16.	Actualización de la instalación eléctrica del edificio .....	59
17.	Puesta a tierra .....	79
18.	Conclusión.....	80
18.1.	Conclusiones del proyecto .....	80
18.2.	Conclusiones personales .....	80
BIBLIOGRAFIA .....		81
<b>ESTUDIO ECONÓMICO</b>		
1.	Introducción .....	84
2.	Presupuesto .....	84
2.1.	Coste del material fotovoltaico.....	84
2.2.	Coste del cableado y las protecciones .....	84
2.3.	Coste mano de obra .....	85
2.4.	Resumen del presupuesto.....	85
<b>PLIEGO DE CONDICIONES</b>		
1.	Definición y alcance del pliego.....	87
2.	Condiciones generales y normativa .....	87
2.1.	Módulos fotovoltaicos.....	88
2.2.	Soportes .....	88
2.3.	Inversores .....	89
2.4.	Cableado.....	89
2.5.	Protecciones y puesta a tierra.....	89
3.	Especificaciones de ejecución .....	89
4.	Mantenimiento .....	90
5.	Condiciones de carácter económico .....	90
6.	Solvencia.....	91
<b>PLANOS</b>		
1.	Azotea .....	93
2.	Esquemas pisos .....	94
3.	Planta baja .....	95
4.	Conexión con el edificio .....	96
5.	Azotea paneles monocristalinos .....	97
6.	Azotea paneles policristalinos .....	98

7. Azotea de perfil .....	99
8. Azotea de frente .....	100
9. Cableado placas .....	101
10. Cableado placas de perfil .....	102
11. Cableado del edificio .....	103

ANEXOS (fichas técnicas)

## Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Principales cumbres climáticas. ....	13
Ilustración 2. Mapa sistema de producción más barato. ....	15
Ilustración 3. Esquema de funcionamiento placa solar. ....	17
Ilustración 4. Célula fotovoltaica. ....	17
Ilustración 5. Panel fotovoltaico. ....	17
Ilustración 6. Panel fotovoltaico monocristalino. ....	18
Ilustración 7. Panel fotovoltaico policristalino. ....	18
Ilustración 8. Panel fotovoltaico amorfo. ....	18
Ilustración 9. Recorrido del sol. ....	20
Ilustración 10. Representación gráfica radiación 60º. ....	21
Ilustración 11. Representación gráfica radiación 15º. ....	23
Ilustración 12. Representación gráfica del espacio de la azotea ocupado por placas solares. ....	29
Ilustración 13. Representación gráfica del espacio de la azotea ocupado por placas solares. ....	29
Ilustración 14. Esquema instalación fotovoltaica. ....	30
Ilustración 15. Daños producidos en las células fotovoltaicas. ....	35
Ilustración 16. Daños por sobrecalentamiento en células fotovoltaicas. ....	36
Ilustración 17. Esquema ilustrativo del recorrido de la corriente. ....	36
Ilustración 18. Vista general perfil derecho. ....	37
Ilustración 19. Vista general perfil izquierdo. ....	37
Ilustración 20. Vista de frente. ....	38
Ilustración 21. Vista de perfil izquierdo. ....	38
Ilustración 22. Vista de perfil derecho. ....	38
Ilustración 23. Representación gráfica de los elementos A.R.1, A.R.2 y cuadro de medida. ....	56
Ilustración 24. Paneles primera fila, anclados al suelo. ....	57
Ilustración 25. Primera estructura planteada para paneles elevados. ....	57
Ilustración 26. Soporte tipo poste individual para cada panel. ....	57
Ilustración 27. Representación gráfica de la relación entre coste unitario y el tamaño. ....	59

## Índice de tablas

Tabla 1. Radiación con inclinación de 60º en los diferentes meses del año (2005 - 2010)..	21
Tabla 2. Radiación con inclinación de 60º en los diferentes meses del año (2011 - 2016)..	21
Tabla 3. Radiación media de 60º de inclinación. ....	22
Tabla 4. Radiación con inclinación de 15º en los diferentes meses del año (2005 - 2010)..	22
Tabla 5. Radiación con inclinación de 15º en los diferentes meses del año (2011 - 2016)..	22
Tabla 6. Radiación media de 15º de inclinación. ....	23
Tabla 7. Radiación media total en cada mes.....	23
Tabla 8. Consumo de las tres viviendas y el local comercial durante los meses de 2019 ....	24
Tabla 9. Consumo en Ah en cada mes. ....	25
Tabla 10.....	28
Tabla 11. Coste por unidad y total de las placas a utilizar dependiendo del material elegido. .....	34
Tabla 12. Valores de 'k' respecto a la latitud. ....	37
Tabla 13. Características técnicas de Fronius SYMO 10.0-3-M. ....	40
Tabla 14. Leyenda de las vistas del cableado. ....	42
Tabla 15. Tabla para conocer la sección del conductor.....	47
Tabla 16. Tabla para determinar la sección mínima de los cables. ....	47
Tabla 17. Tabla para conocer el método de instalación y el aislante del conductor. ....	48
Tabla 18. Tabla para conocer el factor de corrección de temperatura ambiente.....	49
Tabla 19. Tabla de factores de corrección por agrupamiento.....	49
Tabla 20. Tabla para la elección de la sección del conductor.....	55
Tabla 21. Coste del material empleado. ....	58
Tabla 22. Simbología empleada para los elementos eléctricos.....	61
Tabla 23. Requisitos para la instalación del ITC-BT 25. ....	62
Tabla 24. Requisitos para la instalación del ITC-BT 25.* ....	63
Tabla 25. Distribución de la vivienda. ....	63
Tabla 26. Puntos de utilización de alumbrado, circuito C1. ....	64
Tabla 27. Tomas de corriente general, circuito C2. ....	64
Tabla 28. Tomas de corriente de la cocina y horno, circuito C3.....	65
Tabla 29. Tomas de corriente del lavavajillas, lavadora y termo eléctrico, circuito C4. ....	65
Tabla 30. Tomas de corriente del baño y cocina, circuito C5. ....	65
Tabla 31. Puntos de utilización de alumbrado, circuito C1. ....	66
Tabla 32. Tomas de corriente general, circuito C2. ....	66
Tabla 33. Tomas de corriente de cocina y horno, circuito C3. ....	67
Tabla 34. Tomas de corriente del lavavajillas, lavadora y termo eléctrico, circuito C4. ....	67
Tabla 35. Tomas de corriente de baño y cocina, circuito C5. ....	67
Tabla 36. Potencia en cada toma.....	68
Tabla 37. Potencia de cálculo, factor de simultaneidad y factor de utilización en cada toma en los pisos. ....	68
Tabla 38. Métodos de instalación de referencia. ....	70
Tabla 39. Intensidades admisibles en amperios.....	71
Tabla 40. Interruptor automático elegido para cada circuito. ....	73
Tabla 41. Resumen con los datos obtenidos. ....	73
Tabla 42. Distribución de la superficie de la planta baja. ....	74
Tabla 43. Puntos de utilización de alumbrado, circuito C1. ....	74



Tabla 44. Tomas de corriente general, circuito C2. ....	75
Tabla 45. Tomas de corriente de baño y cocina, circuito C5. ....	75
Tabla 46. Potencia en cada toma.....	75
Tabla 47. Potencia de cálculo, factor de simultaneidad y factor de utilización en cada toma en la planta baja. ....	76
Tabla 48. Interruptor automático utilizado para cada circuito. ....	78
Tabla 49. Resumen de todos los datos obtenidos.....	78
Tabla 50. Potencia de cálculo, factor de simultaneidad y factor de utilización en cada toma en la escalera y portal. ....	79
Tabla 51. Resumen de los datos obtenidos. ....	79

## Índice de figuras

Figura 1. Superficie de la azotea.....	31
Figura 2. Representación de las dimensiones de los paneles.....	32
Figura 3. Representación gráfica del espacio de la azotea ocupado por placas solares.....	32
Figura 4. Representación de las dimensiones de los paneles.....	33
Figura 5. Representación gráfica del espacio de la azotea ocupado por placas solares.....	33
Figura 6. Representación gráfica de la distancia y altura de los paneles. ....	36
Figura 7. Representación gráfica de la altura máxima con 60º de inclinación.....	37
Figura 8. Panel fotovoltaico con las conexiones positiva y negativa.....	43
Figura 9. Vista en planta. ....	43
Figura 10. Vista de perfil del exterior de la caseta. ....	44
Figura 11. Vista del interior de la caseta. ....	45
Figura 12. Inversor y cableado al cuadro eléctrico en la planta baja. ....	45
Figura 13. Esquema unifilar, conexiones desde los paneles fotovoltaicos al inversor.....	46
Figura 14. Esquema de los pisos. ....	60
Figura 15. Esquema de la planta baja. ....	60
Figura 16. Esquema de la distribución de la instalación eléctrica en los pisos. ....	62
Figura 17. Esquema de la distribución de la instalación eléctrica en la planta baja. ....	74

# MEMORIA DESCRIPTIVA

( Documento I )

# 1. Introducción

## 1.1. Los combustibles fósiles

Según el diccionario de la Real Academia de Ingeniería, un combustible fósil, es un combustible que se encuentra en el interior de la corteza terrestre y que se ha formado por el enterramiento y posterior transformación, a lo largo de los tiempos geológicos, de la materia orgánica.

El uso de combustibles fósiles ha ido adquiriendo importancia poco a poco a lo largo de la historia como, por ejemplo, la sustitución de la madera por carbón para calentar los hogares, pero no fue hasta el siglo XVII, con la invención de la máquina de vapor (James Watt en 1769) que se extendió el uso de combustibles fósiles en la revolución industrial, con el carbón como combustible principal.

Más tarde con la invención del motor de combustión interna (Nikolaus Otto 1876) crece el interés por el petróleo, así como la segunda revolución industrial entre 1870 y 1914 aumentó el interés por los combustibles fósiles.

En la actualidad los combustibles fósiles representan un 80% de la demanda energética a nivel mundial y esto provoca unos dos tercios de las emisiones totales de gases de efecto invernadero. Si continúan las tendencias actuales las emisiones aumentarán enormemente y tendrá unas consecuencias climáticas desastrosas para el planeta

Los combustibles fósiles más utilizados en la actualidad son:

- Carbón:

Se trata de pedazos de roca sedimentaria negra o marrón desmenuzable relativamente dura y se formó durante el periodo carbonífero, hace entre 300 y 360 millones de años, cuando las algas y la vegetación de las zonas pantanosas quedaron enterradas bajo capas y capas de lodo.

Es extraído en minas tanto en la superficie como subterráneas, proporciona un tercio de la energía mundial y sus principales productores y consumidores en 2018 fueron China, India y Estados Unidos. Las emisiones de dióxido de carbono producidas por la quema de carbón se calculan que son el 44% de las emisiones totales en todo el mundo siendo el mayor causante del efecto invernadero.

- Petróleo:

El petróleo crudo es un líquido principalmente compuesto por carbono e hidrógeno, principalmente negro, pero su color y viscosidad dependen de su composición química. La mayoría se formó en el periodo mesozoico hace entre 252 y 66 millones de años por algas, plancton y otros materiales orgánicos que cayeron al fondo de los océanos y quedaron enterrados.

Es extraído tanto en yacimientos en tierra como en océanos y el petróleo crudo debe ser refinado en varios productos como el diésel o la gasolina y sus principales productores son los Estados Unidos, Arabia Saudí y Rusia los que en total producen el 40% de la producción mundial.

Las emisiones de dióxido de carbono producidas por la quema de derivados del petróleo constituyen aproximadamente un tercio del total mundial, además de las consecuencias perjudiciales asociadas a su extracción y transporte como pueden ser las fugas y derrames de crudo en el medio ambiente.

- Gas natural:

Es un gas inodoro compuesto principalmente de metano. Se encuentra en depósitos subterráneos formados hace millones de años por la descomposición de materia orgánica.

El gas natural produce menos emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con el petróleo y el carbón, pero aun así produce una quinta parte de las emisiones a nivel mundial.

Una de las técnicas más extendidas a la hora de aumentar la extracción de gas natural del subsuelo, también utilizada en el caso del petróleo, es la fracturación hidráulica o fracking, que consiste en inyectar agua a presión mezclada con productos químicos y algún material apuntalante y su objetivo es aumentar las fracturas en el substrato rocoso que encierra los hidrocarburos para facilitar así su salida hacia la superficie.

La fracturación hidráulica ha sido muy controvertida debido a sus efectos negativos para el medio ambiente como pueden ser la contaminación de los acuíferos, la contaminación de la atmosfera por los escapes de gases y la contaminación de los suelos por el uso de productos químicos. También se argumenta que se han producido un aumento de la actividad sísmica debido a este proceso.

## 1.2. Medidas contra el cambio climático

Debido a los efectos del cambio climático, se hace urgente la necesidad de adoptar medidas para paralizar este cambio en el clima, a partir de esta necesidad surgen las cumbres climáticas o Conferencias de las Partes (COP). En estas cumbres, los jefes de estado y de gobierno toman decisiones para intentar mitigar los efectos del cambio climático producido por la actividad humana.

Las principales cumbres climáticas están reflejadas en el siguiente esquema:

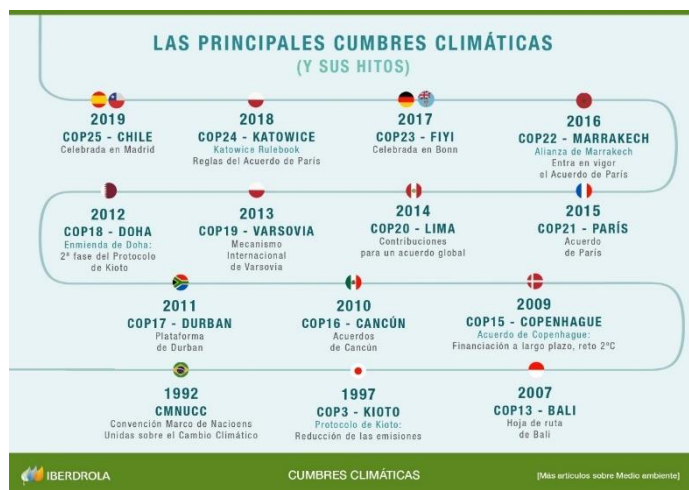


Ilustración 1. Principales cumbres climáticas.

### 1.2.1. Protocolo de Kioto

El protocolo de Kioto es un acuerdo internacional dentro de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CNMUCC), desarrollado en la cumbre climática de 1997 y constituye un compromiso entre 37 países y la Unión Europea para reducir los gases de efecto invernadero del 5% para 2008-2012, en comparación con las emisiones de 1990, pero este periodo se aplazó hasta 2020.

El protocolo ha llevado a algunos gobiernos a establecer leyes y políticas para el cumplimiento de los objetivos y además ha propiciado la creación de los bonos de carbono.

### 1.2.2. Acuerdo de París

En la cumbre de París de 2015 se desarrolla el acuerdo de París, un acuerdo dentro del marco de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CNMUCC), en el cual se busca mantener el aumento de la temperatura global promedio por debajo de los 2º centígrados y esforzarse para mantenerlo por debajo de 1.5º centígrados.

Según el acuerdo este objetivo se debería lograr reduciendo la emisión de gases de efecto invernadero tan pronto como sea posible.

La aplicación del acuerdo comenzó en 2020 tras finalizar el periodo de aplicación del protocolo de Kioto.

### 1.2.3. Iniciativas de la Unión Europea contra el cambio climático

Entre las medidas adoptadas por los Gobiernos de la unión, a parte de los compromisos contraídos en el acuerdo de París, la Unión Europea se ha comprometido a la consecución de los siguientes objetivos en su marco sobre el clima y la energía para 2030:

- Reducir al menos un 40% las emisiones de gases de efecto invernadero respecto a los niveles de 1990.
- Mejorar la eficiencia energética en un 32.5%.
- Aumentar el porcentaje de energías renovables hasta alcanzar el 32%.

Estos objetivos suponen un seguimiento de los objetivos 20-20-20 fijados en 2007 para alcanzar en 2020 que suponían:

- Reducir un 20% de las emisiones de gases de efecto invernadero.
- Aumentar un 20% el porcentaje de energías renovables.
- Reducir un 20% del consumo de energía total primaria de la Unión.

En cuanto a las medidas a largo plazo, la Unión Europea se ha propuesto una reducción del 80% de los gases de efecto invernadero para 2050

#### 1.2.4. Objetivos generales contra el cambio climático en España

Los objetivos para el cumplimiento de los compromisos en materia de cambio climático y el impulso de las energías al mismo tiempo que se consigue un bienestar social, un impulso económico y la protección de medio ambiente son:

- Asegurar la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero, con especial importancia en el sector energético.
- Impulsar medidas de reducción en los sectores difusos.
- Aplicar el plan nacional de adaptación al cambio climático.
- Aumentar la concienciación y sensibilización sobre las energías limpias y el cambio climático.
- Fomentar el desarrollo, la innovación y la investigación en materias energéticas y climáticas.
- Impulsar el uso racional de energía y el ahorro de recursos.
- Garantizar la seguridad del abastecimiento de energía fomentando la penetración de energías limpias.

#### 1.3. Costes de las energías renovables

Los precios de la electricidad producida mediante fuentes de energía renovable han sufrido una gran caída en el año 2020 en casi todo el mundo, llegando a que la energía solar fotovoltaica y la energía eólica terrestre son las fuentes más baratas de generación eléctrica al menos en dos tercios de la población mundial y el almacenamiento en baterías es la tecnología más barata para respaldo en caso de picos de consumo en las regiones importadoras de gas.

En la siguiente imagen podemos ver un mapa con el sistema de producción de energía más barato en cada país:

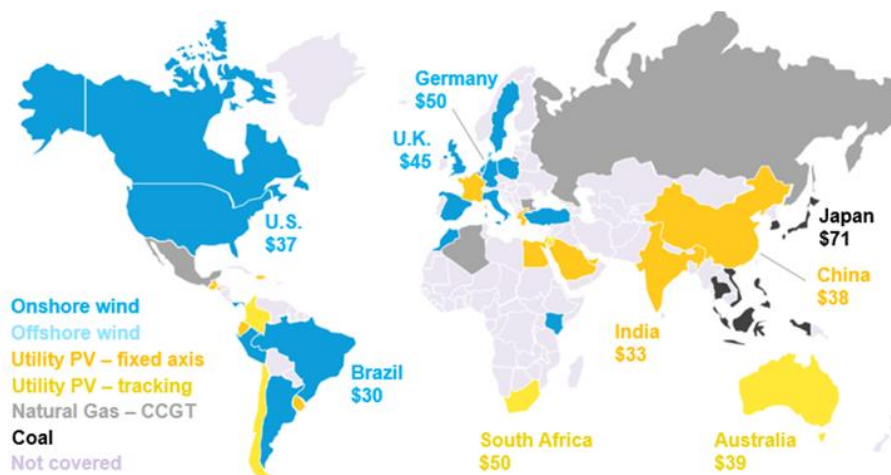


Ilustración 2. Mapa sistema de producción más barato.

## 1.4. Ventajas de la energía solar fotovoltaica

Las ventajas de la energía solar fotovoltaica son las siguientes:

- Producen electricidad totalmente limpia, sin ninguna emisión de gases de efecto invernadero.
- Pueden producir energía eléctrica prácticamente en cualquier lugar en el que haya luz solar.
- Los paneles fotovoltaicos, producen electricidad directamente, no necesitamos del uso de dinamos ni alternadores.
- El coste operativo y de mantenimiento de los paneles es insignificante, siendo lo más importante mantenerlos limpios para que reciban bien la luz solar.
- Son totalmente silenciosos ya que no tienen partes móviles.
- Además de producir electricidad, son un buen aislante térmico lo que mejora la eficiencia energética en los hogares reduciendo los gastos en climatización en los meses más cálidos.
- La instalación de paneles fotovoltaicos en los tejados de las viviendas no altera la forma de vida y produce un ahorro significativo de energía.
- Los costes de los paneles fotovoltaicos han ido disminuyendo y se espera que se abaraten todavía más.

## 1.5. Uso de la energía solar fotovoltaica en la actualidad

En el año 2020 el porcentaje de energía eléctrica generado mediante fuentes renovables se sitúa en el 43.66% del total de energía eléctrica generado en España.

De este 43.6% la producción mediante fotovoltaica supone un 6.1%, con un crecimiento interanual de su generación del 65.9%.

## 2. Objetivo del proyecto

El objetivo de este proyecto es actualizar la instalación eléctrica de un edificio de tres plantas constituido por 3 viviendas y un local comercial, complementándola con una instalación fotovoltaica en la azotea.

Esta instalación fotovoltaica estará destinada al autoconsumo del edificio y si fuera posible utilizaremos un sistema de compensación para verter los excedentes a la red eléctrica.

En el proyecto estudiaremos la posibilidad de que el sistema eléctrico se encuentre aislado de la red, así como que tipo de paneles fotovoltaicos y todos los componentes que utilizaremos para el mejor desempeño de la instalación fotovoltaica.



### 3. Funcionamiento de las células fotovoltaicas

Una célula fotovoltaica es un componente electrónico compuesto por un material semiconductor, comúnmente el silicio, que genera electricidad cuando es expuesto a la luz, absorbiendo los fotones y generando un flujo de electrones. Cuando los fotones golpean el material semiconductor, este libera electrones de sus átomos dejando un espacio vacío y los electrones se mueven aleatoriamente buscando otro espacio vacío para ocuparlo. Este suceso, es conocido como efecto fotovoltaico y fue descubierto en 1839 por Edmond Becquerel, físico francés, quien encontró que ciertos materiales expuestos a la luz producían pequeñas corrientes eléctricas.

En 1905 Albert Einstein ganó el premio Nobel en física al describir la naturaleza de la luz y el efecto fotovoltaico en el cual se basa esta tecnología.

No obstante, para producir una corriente eléctrica los electrones deben moverse en el mismo sentido, lo que se consigue dopando el semiconductor con otros elementos. El semiconductor más utilizado es el silicio, mientras que los dopantes más utilizados son el fósforo y el boro. Utilizaremos estos elementos para explicar el proceso.

La capa de silicio expuesta al sol está dopada con fósforo, que tiene un electrón más en su última capa, mientras que la otra capa está dopada con boro, que tiene un electrón menos en su última capa. El “sándwich” resultante funciona como una batería, la capa con menos electrones funciona como el polo negativo y la capa con más electrones como terminal positivo, creando una corriente eléctrica entre las dos capas cuando los fotones excitan los electrones.

En el siguiente esquema se puede ver el proceso:

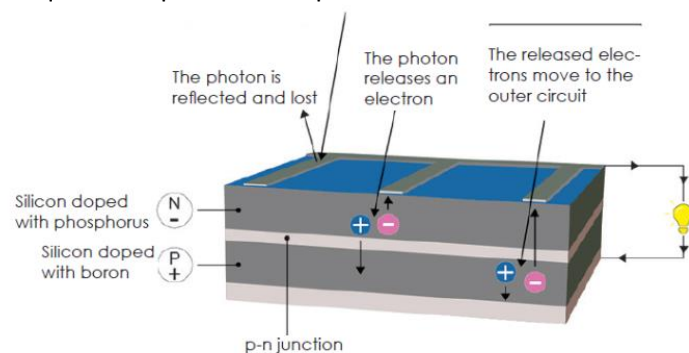


Ilustración 3. Esquema de funcionamiento placa solar.

Hay que saber distinguir entre célula y panel fotovoltaico. Como podemos ver en las siguientes imágenes, un panel fotovoltaico es un conjunto de células fotovoltaicas.



Ilustración 4. Célula fotovoltaica.



Ilustración 5. Panel fotovoltaico.

## Tipos de paneles solares fotovoltaicos:

- **Monocristalinos.**

Están contruidos de un solo cristal de silicio, lo que les da una da a las células una forma de “gofre” y su color es más oscuro. Son los que mayor rendimiento tienen.



Ilustración 6. Panel fotovoltaico monocristalino.

- **Policristalinos.**

Formados por fragmentos de cristales de silicio que se juntan y se solidifican en moldes, de ahí su forma cuadrada. Tienen una tonalidad azulada y su rendimiento es menor que el de los paneles monocristalinos.



Ilustración 7. Panel fotovoltaico policristalino.

- **Amorfos.**

Están formados por tiras delgadas que separan las células. Su principal característica es que estas placas pueden ser flexibles debido a que son delgadas. Estos paneles son bastante económicos y tienen un buen rendimiento en zonas cálidas, ya que se calientan menos que los monocristalinos y los policristalinos.



Ilustración 8. Panel fotovoltaico amorfo.

## 4. Modalidades de autoconsumo de energía eléctrica

A la hora de conocer los diferentes tipos de autoconsumo eléctrico, estos se encuentran definidos en el artículo 9 de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.

A su vez, este artículo ha sido modificado por el Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores. Entre las principales novedades de este Real Decreto-ley, encontramos que las instalaciones no superiores a 100kW de potencia asociadas a modalidades de suministro con autoconsumo con excedentes estarán exentas de la obligación de inscripción en el registro administrativo de instalaciones de producción de energía eléctrica y que la energía autoconsumida de origen renovable, cogeneración o residuos estará exenta de todo tipo de cargos y peajes.

La regulación contenida en la citada Ley 24/2013, de 26 de diciembre, en relación con el autoconsumo, tiene por finalidad garantizar un desarrollo ordenado de la actividad, compatible con la necesidad de garantizar la sostenibilidad técnica y económica del sistema eléctrico en su conjunto.

Modalidades de suministro:

- Autoconsumo sin excedentes. Está definido en el artículo 9.1a), los dispositivos físicos instalados impedirán la inyección de energía excedentaria a la red eléctrica de transporte o distribución.
- Autoconsumo con excedentes. Definido en el artículo 9.1b), estas instalaciones pueden inyectar energía excedentaria a las redes de transporte y distribución además de suministrar energía para autoconsumo. El autoconsumo puede ser individual o colectivo en función de si se trata de uno o varios consumidores.

Además de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, y el Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, encontramos que el Real Decreto 244/2019, de 5 de abril establece las condiciones administrativas, técnicas y económicas para las modalidades de autoconsumo de energía eléctrica y el mecanismo de compensación simplificada entre déficits de los autoconsumidores y excedentes de sus instalaciones de producción, por lo que a su vez el autoconsumo con excedentes se divide en dos tipos:

- Autoconsumo con excedentes acogido a compensación. En los casos en los que el productor y el consumidor opten por acogerse a un mecanismo de compensación de excedentes. Esta opción solo será posible en los casos en que se cumpla con todas las siguientes condiciones:
  1. La fuente primaria de energía debe ser de origen renovable.
  2. La potencia de la instalación no debe ser mayor de 100kW
  3. Si resultase necesario realizar un contrato de suministro para servicios auxiliares de producción, el consumidor haya suscrito un único contrato de suministro para el consumo asociado y para los consumos auxiliares de producción con una empresa comercializadora, según lo dispuesto en el artículo 9.2 de este Real Decreto.
  4. El consumidor y el productor asociado hayan suscrito un contrato de compensación de excedentes.
  5. La instalación de producción no tenga otorgado un régimen retributivo adicional o específico.

- Autoconsumo con excedente no acogido a compensación. Todo aquellos que no cumplan con alguno de los requisitos anteriores.

## 5. Orientación e inclinación de las placas

La fachada del edificio mira directamente al sur lo cual coincide con los datos de radiación que aporta el software PVGIS y será la orientación la que se coloquen los paneles fotovoltaicos ya que es la orientación óptima para la mayor producción de energía posible. El ángulo de inclinación respecto al sur se conoce como azimut, en este caso el azimut será de 0°.

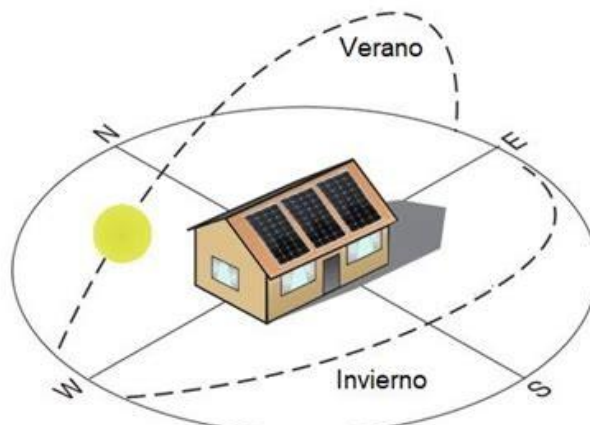


Ilustración 9. Recorrido del sol.

Como se puede ver en la imagen anterior, el recorrido del sol es más alto en verano que en invierno con lo cual, para maximizar la incidencia de la luz solar en las placas se va a obtener la radiación teniendo en cuenta dos inclinaciones, 15° más favorable para los meses de verano y 60° más favorable para los meses de invierno. A parte esta doble inclinación hará a los usuarios preocuparse por lo menos dos veces al año en consultar el estado de las placas ya que tendrán que subir a cambiar la inclinación de estas.

Esta orientación e inclinaciones se utilizará para todos los diseños del proyecto, porque permite que los paneles fotovoltaicos reciban la máxima radiación posible.

## 6. Radiación solar en el lugar en que se ubica el edificio

En este caso el edificio se ubica en la calle Cuenca nº 2 Alacuás, Valencia, con una latitud de 39.457° y una longitud de -0.462°.

Para conocer la radiación solar utilizamos el programa PVGIS con el cual se puede elegir cualquier lugar del que queramos conocer la radiación solar.

En particular se ha utilizado la base de datos de PVGIS-SARAH durante los años de 2005 a 2016 y se han obtenido los valores medios de radiación.

La radiación solar se mide en  $KWh/m^2$ .

Para una inclinación de 60°:

- Radiación:

	2005	2006	2007	2008	2009	2010
<b>Enero</b>	206,49	131,36	158,32	176,15	149,20	125,95
<b>Febrero</b>	140,73	140,24	138,32	124,99	151,15	126,28
<b>Marzo</b>	166,33	183,67	181,91	191,89	177,56	157,84
<b>Abril</b>	172,32	166,79	132,14	176,73	169,90	156,60
<b>Mayo</b>	168,17	155,71	173,14	137,76	171,79	170,43
<b>Junio</b>	163,52	162,03	161,65	158,26	168,37	157,63
<b>Julio</b>	169,68	177,41	181,23	166,21	172,92	173,45
<b>Agosto</b>	177,49	188,66	176,38	174,99	182,73	175,47
<b>Septiembre</b>	183,97	176,07	163,73	156,20	150,49	175,52
<b>Octubre</b>	164,82	166,88	143,88	121,69	182,61	182,37
<b>Noviembre</b>	139,39	125,81	166,47	164,81	172,73	163,33
<b>Diciembre</b>	153,64	146,72	152,61	137,08	126,93	144,12

Tabla 1. Radiación con inclinación de 60° en los diferentes meses del año (2005 - 2010).

	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<b>Enero</b>	164,11	182,45	169,99	137,94	191,00	129,16
<b>Febrero</b>	170,05	197,08	150,43	136,84	131,64	130,05
<b>Marzo</b>	145,71	209,24	152,62	176,76	164,59	170,24
<b>Abril</b>	173,11	171,52	154,41	175,02	171,70	146,06
<b>Mayo</b>	158,30	179,50	165,41	173,60	183,55	149,30
<b>Junio</b>	157,16	167,03	168,46	160,58	164,42	167,21
<b>Julio</b>	161,42	179,98	179,92	176,11	169,61	171,35
<b>Agosto</b>	189,11	188,79	162,37	181,70	171,16	193,28
<b>Septiembre</b>	192,94	171,91	175,47	173,65	163,69	174,56
<b>Octubre</b>	179,62	173,80	181,05	191,63	138,96	149,36
<b>Noviembre</b>	120,63	117,57	167,35	135,11	176,88	120,35
<b>Diciembre</b>	162,51	168,46	144,19	171,13	156,07	141,28

Tabla 2. Radiación con inclinación de 60° en los diferentes meses del año (2011 - 2016).

### Monthly solar irradiation estimates

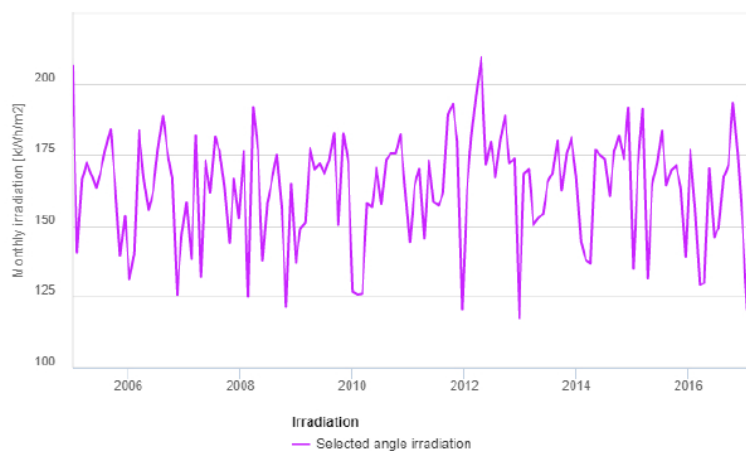


Ilustración 10. Representación gráfica radiación 60°.

- Radiación media:

<b>Enero</b>	160,18
<b>Febrero</b>	144,82
<b>Marzo</b>	173,20
<b>Abril</b>	163,86
<b>Mayo</b>	165,56
<b>Junio</b>	163,03
<b>Julio</b>	173,27
<b>Agosto</b>	180,18
<b>Septiembre</b>	171,52
<b>Octubre</b>	164,72
<b>Noviembre</b>	147,54
<b>Diciembre</b>	150,40

Tabla 3. Radiación media de 60° de inclinación.

Para una inclinación de 15°:

- Radiación:

	2005	2006	2007	2008	2009	2010
<b>Enero</b>	136,15	91,93	107,63	118,89	103,36	90,79
<b>Febrero</b>	110,50	111,66	111,56	101,51	119,41	102,68
<b>Marzo</b>	158,51	172,07	168,84	178,62	166,56	151,46
<b>Abril</b>	195,45	188,11	151,54	199,60	192,08	176,56
<b>Mayo</b>	217,73	199,95	225,80	175,00	222,89	223,53
<b>Junio</b>	229,04	223,45	224,95	221,18	233,24	218,33
<b>Julio</b>	229,93	241,64	246,70	224,22	232,71	234,55
<b>Agosto</b>	212,57	225,77	209,21	209,23	217,79	209,16
<b>Septiembre</b>	184,94	176,88	166,59	159,94	154,15	177,35
<b>Octubre</b>	141,43	142,52	124,11	108,23	153,03	153,07
<b>Noviembre</b>	100,63	92,35	118,88	117,85	123,14	116,04
<b>Diciembre</b>	100,28	96,87	100,42	91,55	85,98	96,59

Tabla 4. Radiación con inclinación de 15° en los diferentes meses del año (2005 - 2010).

	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<b>Enero</b>	111,72	122,63	115,94	97,62	127,54	91,00
<b>Febrero</b>	131,80	151,20	118,12	110,28	106,34	105,39
<b>Marzo</b>	140,39	193,47	146,20	165,37	154,51	161,67
<b>Abril</b>	193,15	194,12	172,79	198,09	193,03	165,41
<b>Mayo</b>	204,35	234,41	213,44	222,80	239,60	195,28
<b>Junio</b>	217,34	231,58	235,88	221,44	230,91	233,51
<b>Julio</b>	217,80	242,03	243,87	238,60	229,39	232,73
<b>Agosto</b>	225,27	224,61	195,78	217,05	203,06	231,47
<b>Septiembre</b>	192,68	174,57	177,41	176,77	164,54	177,33
<b>Octubre</b>	151,86	147,32	152,51	158,85	121,48	129,63
<b>Noviembre</b>	90,33	88,19	119,79	100,34	124,41	90,64
<b>Diciembre</b>	106,41	110,20	96,41	110,87	103,89	93,97

Tabla 5. Radiación con inclinación de 15° en los diferentes meses del año (2011 - 2016).

### Monthly solar irradiation estimates

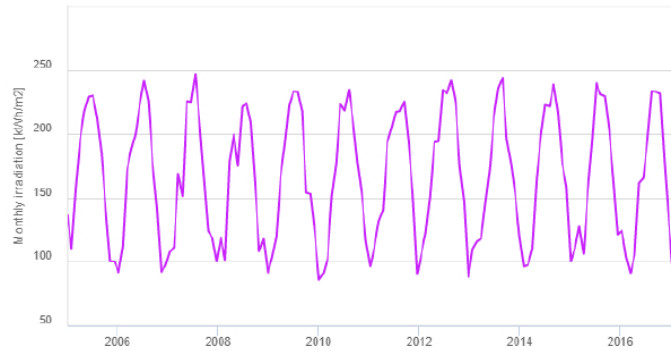


Ilustración 11. Representación gráfica radiación 15°.

- Radiación media:

<b>Enero</b>	109,6
<b>Febrero</b>	115,04
<b>Marzo</b>	163,14
<b>Abril</b>	184,99
<b>Mayo</b>	214,57
<b>Junio</b>	226,74
<b>Julio</b>	234,51
<b>Agosto</b>	215,08
<b>Septiembre</b>	173,6
<b>Octubre</b>	140,34
<b>Noviembre</b>	106,88
<b>Diciembre</b>	99,45

Tabla 6. Radiación media de 15° de inclinación.

Como se puede observar se consigue una radiación máxima si se combinan las dos inclinaciones y se utilizan 15° de octubre a marzo y 60° de abril a septiembre.

La radiación media total que se consigue es la siguiente:

<b>Enero</b>	160,18
<b>Febrero</b>	144,82
<b>Marzo</b>	173,20
<b>Abril</b>	184,99
<b>Mayo</b>	214,57
<b>Junio</b>	226,74
<b>Julio</b>	234,51
<b>Agosto</b>	215,08
<b>Septiembre</b>	173,60
<b>Octubre</b>	164,72
<b>Noviembre</b>	147,54
<b>Diciembre</b>	150,40

Tabla 7. Radiación media total en cada mes

## 7. Consumo eléctrico del edificio

El edificio consta de tres viviendas y un local comercial en la planta baja, las cuatro cuentan con una potencia contratada de 3.3kW y sus consumos, reflejados en la tabla en kWh, durante el año 2019 son los siguientes:

	Piso 1	Piso 2	Piso 3	Planta baja	Consumo total
Enero	347	403	55	51	856
Febrero	422	361	58	48	889
Marzo	222	325	43	38	628
Abril	132	312	53	41	538
Mayo	131	336	78	42	587
Junio	87	228	65	60	440
Julio	164	218	87	68	537
Agosto	241	240	140	71	692
Septiembre	149	231	122	63	565
Octubre	88	233	88	53	462
Noviembre	97	301	76	47	521
Diciembre	215	293	61	49	618

Tabla 8. Consumo de las tres viviendas y el local comercial durante los meses de 2019

El consumo anual total del edificio será de 7333 kWh.

## 8. Diseño para un sistema aislado de la red eléctrica

En este apartado se considera la opción de utilizar en el edificio un sistema de autoconsumo aislado de la red eléctrica, calculando el número de placas solares fotovoltaicas necesarias, así como el resto de elementos como inversores reguladores de carga y baterías.

Las placas solares fotovoltaicas tendrán una orientación sur, ya que es la ideal y con la que el software PVGIS calcula la radiación.

Para poder calcular el número de placas necesarias, es necesario saber en qué mes se da el coeficiente más desfavorable ( $C_{md}$ ) que es la relación entre la radiación solar y el consumo de energía del edificio.

$$C_{md} = \frac{\text{Consumo mensual (Ah)}}{\text{Radiación (KWh/m}^2\text{)}}$$

Para poder conocer el consumo en Ah, es necesario saber la tensión de la instalación fotovoltaica y el rendimiento del inversor. Para este caso se utilizará una tensión de 48V para minimizar las pérdidas por calor y un rendimiento del inversor de 93% para, aunque el rendimiento real sea mayor, tener un pequeño sobredimensionamiento que asegure que la instalación funcionará correctamente en las peores circunstancias.

El consumo eléctrico en Ah se obtiene con la siguiente fórmula:

$$\text{Consumo (Ah)} = \frac{\text{Consumo (Wh)}}{\text{Voltaje de la instalación} * \text{Rendimiento del inversor}}$$



Con la fórmula anterior se obtiene la siguiente tabla de consumos en Ah:

Enero	19175,63
Febrero	19914,87
Marzo	14068,10
Abril	12051,97
Mayo	13149,64
Junio	9856,63
Julio	12029,57
Agosto	15501,79
Septiembre	12656,81
Octubre	10349,46
Noviembre	11671,15
Diciembre	13844,09
Enero	19175,63

Tabla 9. Consumo en Ah en cada mes.

El mes en el que ocurre el consumo más desfavorable es febrero y el  $C_{md}$  será de:

$$C_{md} = \frac{19914.87}{144.82} = 137.515 \text{ Am}^2 / \text{KW}$$

Una vez es conocido el  $C_{md}$  ya es posible calcular el número de placas, pero antes se deben saber que placas vamos a utilizar. En este caso se van a utilizar unas placas policristalinas de 340W de potencia por su buena relación entre el precio y su potencia pico.

Las características de las placas son las siguientes:

$$P_p = 340W_p$$

$$V_{CC} = 46.4V$$

$$V_p = 38.5V$$

$$I_p = 8.84A$$

$$V_N = 24V$$

También es necesario el rendimiento del inversor que como hemos visto antes utilizaremos un 93% de rendimiento:

$$\eta_{inv} = 93\%$$

Por último, la tensión de la instalación que será de 48V:

$$V_{inst} = 48V$$

Una vez conocidos todos estos datos, para asegurar el correcto funcionamiento de la instalación en condiciones más desfavorables, se añade un sobredimensionamiento a la instalación el cuál será del 20% y con esto se obtiene el coeficiente de sobredimensionamiento. ( $C_s$ ).

$$C_S = C_{md} * 1.2$$

$$C_S = 137.515 * 1.2 = 165.018 \text{ Am}^2/\text{KW}$$

Al disponer de todos los datos necesarios para calcular el número de placas, se comienza con el número de líneas de placas en paralelo ( $N_{LP}$ ) necesarias.

$$N_{LP} = \frac{C_S}{I_P}$$

$$N_{LP} = \frac{165.018}{8.84} = 18.667$$

El resultado son 18 líneas de placas en paralelo.

Lo siguiente es calcular el número de placas en serie ( $N_{PS}$ ).

$$N_{PS} = \frac{V_{inst}}{V_N}$$

$$N_{PS} = \frac{48}{24} = 2$$

Se necesitan 2 placas en serie para conseguir los 48V de la instalación.

El número total de placas ( $N_{TP}$ ):

$$N_{TP} = N_{LP} * N_{PS}$$

$$N_{TP} = 18 * 2 = 36 \text{ placas}$$

La potencia pico total ( $P_{PT}$ ) de la instalación será:

$$P_{PT} = N_{TP} * P_P$$

$$P_{PT} = 36 * 340 = 12240W_P$$

Sabiendo el número de placas necesarias el siguiente paso es elegir los reguladores de carga.

Para elegir el regulador o reguladores necesarios para la instalación debemos conocer la intensidad máxima ( $I_{max}$ ) que habrá en la instalación la cual se obtendrá a partir de la intensidad pico ( $I_P$ ) de las placas multiplicado por el número de líneas en paralelo ( $N_{LP}$ ).

$$I_{max} = I_P * N_{LP}$$

$$I_{max} = 8.84 * 18 = 159.12 \text{ A}$$

Serán necesarios 3 reguladores de 60A con 6 líneas para cada regulador. Así la intensidad máxima en cada regulador ( $I_{maxR}$ ) será:

$$I_{maxR} = 6 * 8.84 = 53.04A$$

Los reguladores utilizados serán de la marca Solar System, de la serie PC1500B, modelo 6048D.

A continuación, se elige el inversor. Bien se podría elegir tanto un inversor que alcance una potencia de 13.2kW para poder suministrar energía a todo el edificio o un inversor individual para cada piso.

En este caso me decanto por elegir un inversor individual para cada piso de 3.3kW de potencia, la misma que la contratada, y una entrada de 48V de corriente continua y una salida de 230V de corriente alterna, para que en caso de avería no afecte a todo el edificio y pueda localizarse mejor el problema. Se trata de un inversor de la marca SMA, de la serie Sunny Island, modelo 4.4M.

Por último, se deben elegir las baterías y para esto es necesario considerar el número de días de autonomía que queremos tener y la localización del edificio.

En este caso y teniendo en cuenta el tipo de edificio y su ubicación el edificio contará con 5 días de autonomía, siendo precavidos en caso de las peores circunstancias.

Para saber la capacidad necesaria de las baterías necesitamos conocer el consumo diario en el mes más desfavorable, que es febrero.

$$\text{Consumo diario} = \frac{\text{Mayor consumo mensual (Ah)}}{\text{Número de días del mes}}$$

$$\text{Consumo diario} = \frac{19914.87}{28} = 711.245 \text{ Ah/día}$$

Sabiendo el consumo diario, ahora se debe poner un límite de profundidad de descarga ( $P_d$ ) para no dañar las baterías y así alargar su vida útil, el cual fijaremos en el 70%.

Conociendo el número de días de autonomía ( $N_{da}$ ) y la profundidad de descarga se elige la capacidad necesaria de las baterías con las siguientes fórmulas:

$$n = N_{da} * 24h$$

$$n = 5 * 24 = 120$$

$$C_n = \frac{N_{da} * \text{Consumo diario}}{P_d}$$

$$C_{120} = \frac{5 * 711.245}{0.7} = 5080.32Ah$$

Utilizando la siguiente tabla podemos elegir los vasos de batería necesarios:

Capacities at 25oC					
End of discharge voltage (V/cell) :	1.80	1.80	1.85	1.85	1.85
Discharge time (hours) :	48	72	100	120	240
12V 1 OPzS 50	78	79	83	83	92
12V 2 OPzS 100	141	136	144	139	162
12V 3 OPzS 150	187	196	204	208	234
6V 4 OPzS 200	296	289	301	294	338
6V 5 OPzS 250	374	361	377	364	424
6V 6 OPzS 300	420	410	429	417	482
2V 2 OPzS 100	165	175	185	190	200
2V 3 OPzS 150	215	230	240	245	260
2V 4 OPzS 200	270	285	300	305	320
2V 5 OPzS 250	330	350	370	380	400
2V 6 OPzS 300	395	420	440	450	470
2V 5 OPzS 350	480	515	540	550	580
2V 6 OPzS 420	575	615	645	660	695
2V 7 OPzS 490	670	710	750	765	805
2V 6 OPzS 600	860	920	970	985	1035
2V 7 OPzS 700	940	1000	1055	1080	1100
2V 8 OPzS 800	1150	1230	1295	1320	1385
2V 9 OPzS 900	1225	1305	1380	1410	1440
2V 10 OPzS 1000	1440	1540	1620	1650	1730
2V 12 OPzS 1200	1730	1850	1950	1990	2090
2V 12 OPzS 1500	2090	2200	2300	2350	2470
2V 14 OPzS 1700	2215	2335	2445	2500	2600
2V 16 OPzS 2000	2755	2910	3040	3100	3250
2V 20 OPzS 2500	3430	3615	3765	3850	4040
2V 24 OPzS 3000	4100	4300	4500	4600	4850

Tabla 10.

Para conseguir una capacidad de baterías cercana a 5080.2Ah, se escogen 2 baterías en paralelo ( $N_{bp}$ ) de 2V 14OPzS 1700 con 2500Ah de capacidad cada una. Para conseguir un voltaje de 48V es necesario unir vasos en serie hasta conseguir esta tensión.

El número de vasos en serie ( $N_{vs}$ ) será:

$$N_{vs} = \frac{V_{inst}}{V_v}$$

$$N_{vs} = \frac{48}{2} = 24 \text{ vasos en serie}$$

El número total de vasos ( $N_{Tv}$ ) será:

$$N_{Ts} = N_{vs} * N_{bp}$$

$$N_{Ts} = 24 * 2 = 48 \text{ vasos}$$

En este caso la capacidad de las baterías es un poco menor (5000Ah) a la capacidad de las baterías que se había calculado (5080.2Ah). El número de días de autonomía real ( $N_{dar}$ ), será:

$$N_{dar} = \frac{5000 * 0.7}{711.245} = 4.92 \text{ días de autonomía real}$$

## 9. Viabilidad del sistema aislado de la red eléctrica

La viabilidad de este proyecto de autoconsumo con energía solar fotovoltaica está determinada por dos factores, el espacio en la azotea para situar los paneles solares y el presupuesto.

En cuanto al espacio en la azotea para situar los paneles, este espacio es insuficiente como se puede ver en la siguiente ilustración.

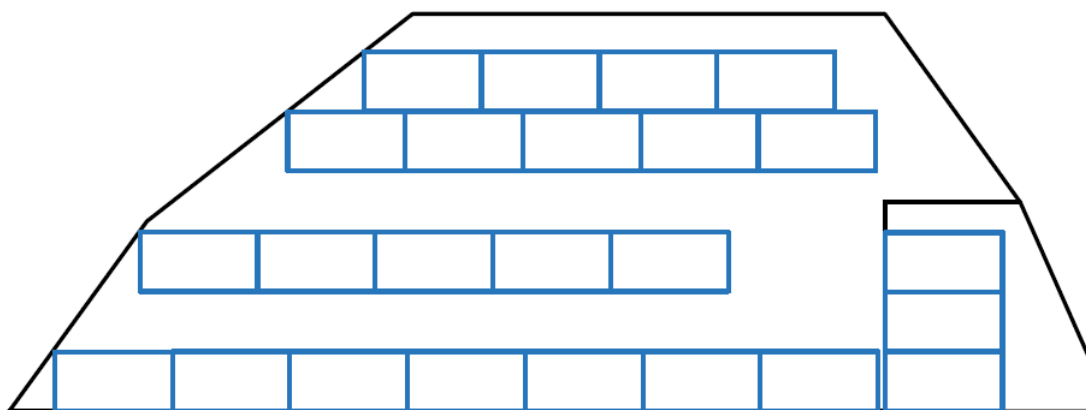


Ilustración 12. Representación gráfica del espacio de la azotea ocupado por placas solares.

Podrían utilizarse unos paneles más potentes, monocristalinas, por ejemplo, pero esto encarecería la instalación y el espacio seguiría siendo insuficiente.

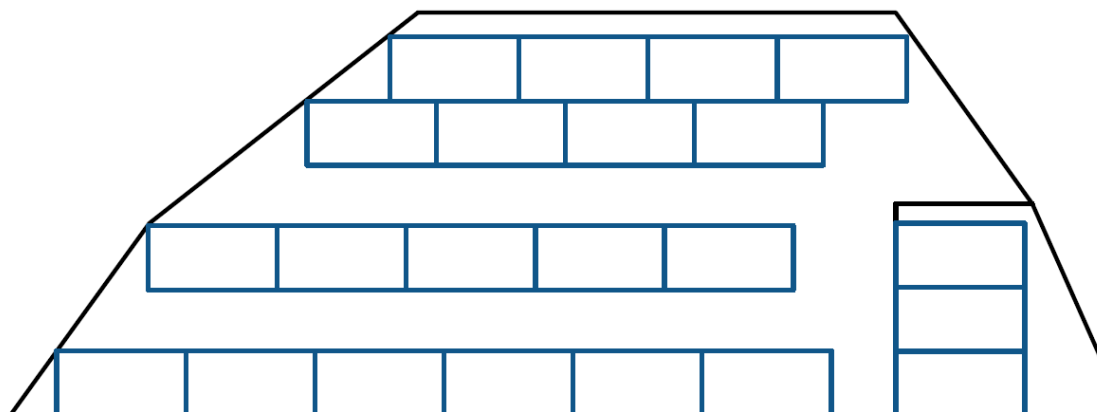


Ilustración 13. Representación gráfica del espacio de la azotea ocupado por placas solares

Por otro lado, el presupuesto se encarece enormemente al añadir baterías ya que se necesita una gran capacidad para suministrar a todo el edificio.

En este diseño son necesarios 48 vasos de 2V 140PzS 1700 con un coste aproximado de 400 euros cada uno con lo cual encareceríamos la instalación en 19200€. También se podrían utilizar baterías de iones de litio lo que reduciría el tamaño ocupado por las baterías y su vida útil sería mayor, pero la inversión inicial sería mayor.

A parte habría que habilitar dentro del edificio, para no restar espacio en la azotea, un espacio para situar las baterías, los inversores y los reguladores lo que aumentaría el presupuesto y quizás no fuera posible habilitar ningún espacio.

## 10. Elección del modelo de autoconsumo con excedentes

Como se ha visto en el apartado anterior, un sistema aislado de la red eléctrica no sería viable tanto por factores económicos, como por el espacio disponible en la azotea. Con lo cual se elige un modelo de autoconsumo compartido con excedentes, ya que la producción de energía de los paneles fotovoltaicos suministrará energía a los tres pisos y el local comercial.

En el caso del autoconsumo compartido se distinguen tres casos:

- Instalación básica. La energía eléctrica producida por la instalación se utiliza para cubrir la demanda energética de las zonas comunes.
- Instalación integral. Todos los vecinos son consumidores de la energía eléctrica producida por la instalación fotovoltaica.
- Instalación flexible o mixta. La instalación se monta y se deja preparada para que los vecinos que lo deseen puedan conectarse a ella cuando ellos decidan.

En el caso expuesto se trataría de una instalación integral en la que los 4 inmuebles aprovechan la instalación fotovoltaica.

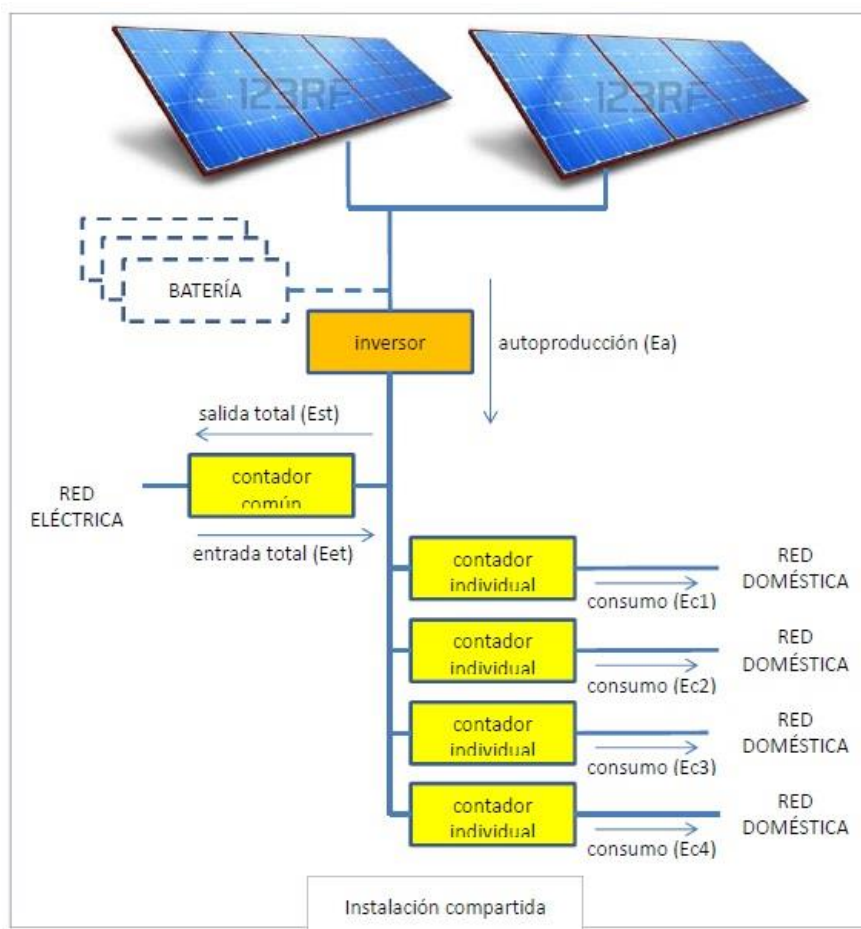


Ilustración 14. Esquema instalación fotovoltaica.

Tras analizar todos los requisitos presentes en el Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, en cuanto al autoconsumo con excedentes, se valora que la mejor opción para poder aprovechar al máximo la instalación fotovoltaica es la modalidad de autoconsumo con excedentes y compensación, así además de cubrir la demanda energética diurna del edificio, se obtendrán beneficios de los excedentes de energía producidos, disminuyendo así el período de recuperación de la inversión en la instalación fotovoltaica.

Existen dos tipos de compensación de la energía excedente de nuestra instalación, de libre mercado o regulada. En la tarifa de libre mercado, el precio del kilovatio hora consumido y excedente viene fijado por la compañía eléctrica. Por otro lado, si la tarifa es regulada PVPC (Precio Voluntario para el Pequeño Consumidor), el valor tanto de la electricidad consumida como del kilovatio hora excedente es establecido por el Gobierno en función de la oferta y la demanda y varía dependiendo del día y la hora, estos precios pueden verse en tiempo real en la web de Esios, desarrollada por la Red Eléctrica Española (REE).

En el caso de esta instalación, la compañía eléctrica Endesa, actual suministradora del edificio, nos da a elegir tanto entre tarifa de libre mercado como tarifa regulada.

En cuanto a la tarifa de libre mercado, Endesa propone un precio por el kilovatio hora consumido de 0.119893 euros por kilovatio hora, mientras que propone un precio fijo por el kilovatio excedente de 0.05 euros por cada kilovatio hora.

## 11. Elección de los paneles fotovoltaicos

Como se vio en el apartado 3, en el que fue descrito el funcionamiento de los paneles solares fotovoltaicos, fueron descritos los diferentes tipos de paneles solares, existen diferentes tipos.

En este apartado se eligen el tipo de paneles, monocristalinos o policristalinos, teniendo en cuenta que paneles permiten lograr una mayor potencia aprovechando la superficie limitada de la azotea del edificio.

En la siguiente figura podemos ver la superficie de la azotea:

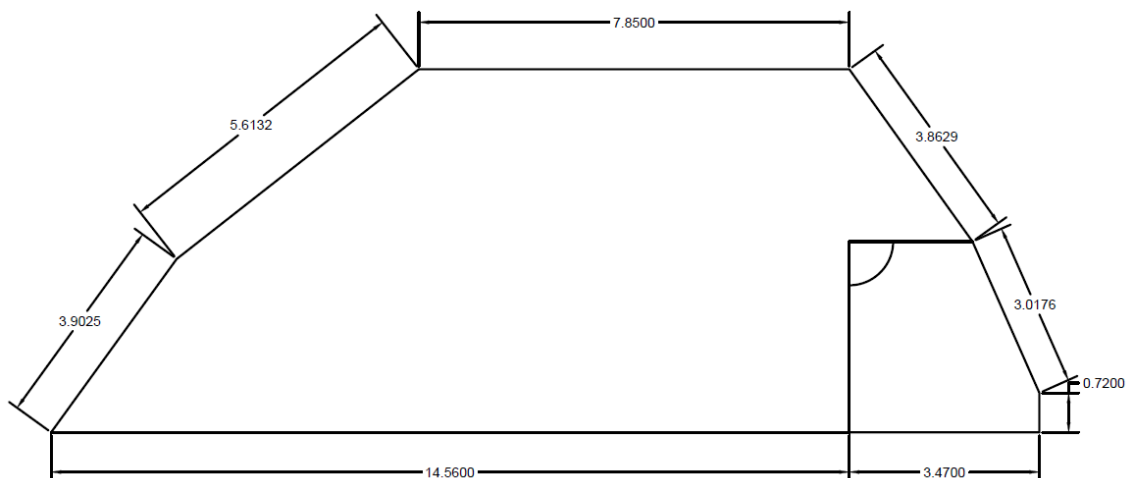


Figura 1. Superficie de la azotea.

El recuadro de la parte inferior derecha representa el hueco de la escalera y el lugar por el que se accede a la azotea

Las diferentes filas de paneles se situarán a distintas alturas para evitar que las sombras de una fila de paneles perjudiquen a la siguiente.

En los siguientes apartados, podemos ver la instalación con los distintos tipos de placas desde una vista en planta y una vista de perfil.

### 11.1. Paneles policristalinos

En torno a 150 €

Los paneles policristalinos elegidos están compuestos por 72 células y tienen las siguientes especificaciones técnicas:

$$P_p=340W_p$$

$$V_{cc}=46.4V$$

$$V_p=38.5V$$

$$I_p=8.84A$$

La principal razón para elegir estos paneles ha sido su elevada potencia pico.

El tamaño de estos paneles es de  $0.992\pm 0.001 \times 1.956\pm 0.001$  metros.

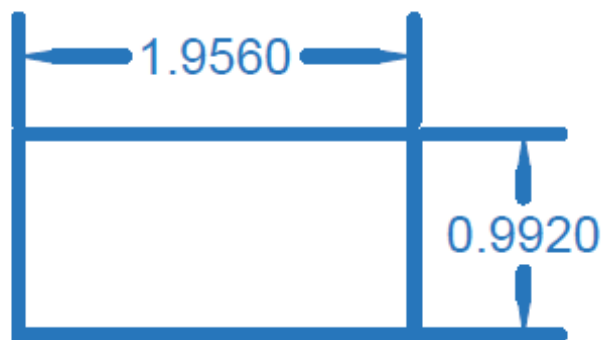


Figura 2. Representación de las dimensiones de los paneles.

A la hora de representar el espacio ocupado por las placas en la azotea se ha utilizado un tamaño de  $0.992 \times 1.956$  metros al ser el tamaño medio de las placas.

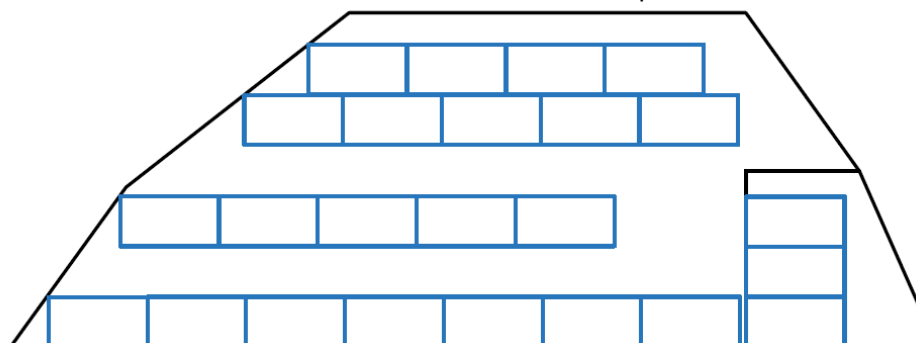


Figura 3. Representación gráfica del espacio de la azotea ocupado por placas solares.



Se pueden colocar un total de 24 paneles en la azotea con lo que se obtendría una potencia pico total instalada de:

$$P_p = 24 * 340 = 8160 \text{ Wp}$$

## 11.2. Paneles monocristalinos

En torno a 200 €

Los paneles monocristalinos que elegidos se componen de 144 células fotovoltaicas y sus especificaciones técnicas son:

$$P_p = 465 \text{ Wp}$$

$$V_{cc} = 50.15 \text{ V}$$

$$V_p = 42.43 \text{ V}$$

$$I_p = 10.96 \text{ A}$$

Este tipo de panel es tiene más potencia que el anterior, y sus medidas son ligeramente mayores con unas medidas de  $2.122 \pm 0.001 \times 1.054 \pm 0.001$  metros.

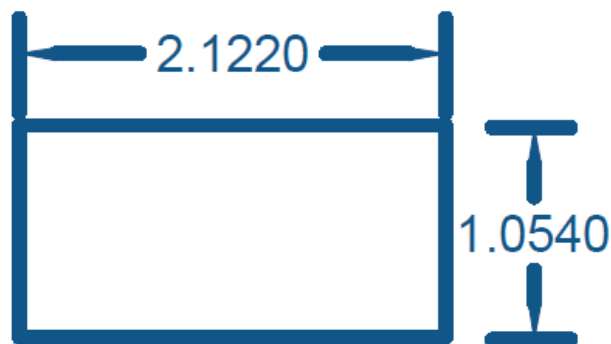


Figura 4. Representación de las dimensiones de los paneles.

A la hora de representar los paneles sobre la azotea hemos utilizado la medida de 2.122 x 1.054 metros.

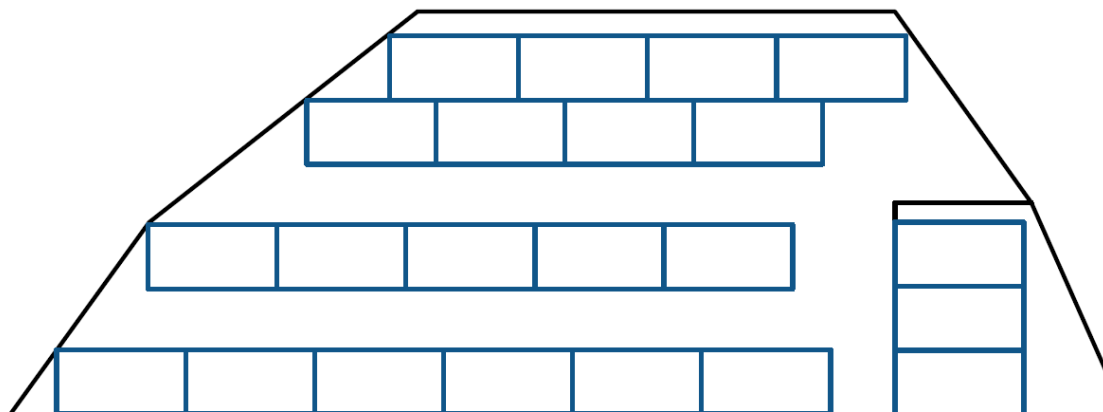


Figura 5. Representación gráfica del espacio de la azotea ocupado por placas solares.

Con este tipo de paneles se pueden colocar un máximo de 22 paneles y la potencia total instalada será de:

$$Pp = 22 * 465 = 10230 \text{ Wp}$$

### 11.3. Elección de los paneles

La elección de los paneles depende de varios factores, como pueden ser el precio y la potencia pico total de la instalación que se puede conseguir.

En el caso de los paneles monocristalinos se obtiene una potencia pico total mayor, pero hay que tener en cuenta que tienen un precio en torno a 50 euros superior por panel que los policristalinos.

Comparando precios en las principales tiendas de material fotovoltaico se representa en la siguiente tabla el precio aproximado de cada tipo de panel y el coste del total de los paneles que se pueden colocar en la azotea:

	Coste unitario (€)	Coste total
Policristalino	150	24 paneles → 3600 €
Monocristalino	200	22 paneles → 4400 €

Tabla 11. Coste por unidad y total de las placas a utilizar dependiendo del material elegido.

Para igualar la potencia conseguida con los paneles monocristalinos con paneles policristalinos serían necesarios el siguiente número de paneles:

$$N^{\circ} \text{ paneles policristalinos} = \frac{P_{pt} \text{ monocristalinos}}{P_p \text{ policristalinos}}$$

$$N^{\circ} \text{ paneles policristalinos} = \frac{10230}{340} = 30.09$$

Serían necesarios unos 30 paneles con un precio total de 4500 €.

Estas diferencias de precio podrían observarse también el resto del material, en el caso de los paneles monocristalinos sería necesario un inversor más potente lo cual haría que sea más caro respecto al necesario para la instalación con paneles policristalinos.

Además de los costes iniciales de los paneles, se pueden comparar los *kWh* producidos durante un periodo de 25 años, en el cual los fabricantes especifican una pérdida de rendimiento del 20%, lo que da una media de un 10% para los cálculos, con la siguiente fórmula:

$$kWh \text{ producidos} = \text{Horas solares pico por año} * P_{PT} * N^{\circ} \text{ años} * \text{Pérdida de rendimiento de las placas}$$

En Valencia las horas solares pico por año son = 1520 horas/año

- Policristalinos:

$$kWh \text{ producidos} = 1520 * 8160 * 25 * 0.9 = 279072 kWh$$

- Monocristalinos:

$$KWh \text{ producidos} = 1520 * 10230 * 25 * 0.9 = 349866kWh$$

Con lo cual el coste de cada kWh producido en relación con el coste de las placas será de:

- Policristalinos:

$$\text{Coste del KWh} = \frac{3600}{279072} = 0.01289\text{€/kWh}$$

- Monocristalinos:

$$\text{Coste del KWh} = \frac{4400}{349866} = 0.01257\text{€/kWh}$$

La diferencia de precio entre el kWh obtenido con los dos tipos de paneles es de tan solo 0.00032 euros.

Con estos datos, el tiempo de amortización de la instalación será similar debido a que en la relación entre el coste y la potencia pico total instalada la diferencia es mínima y la elección dependerá de la inversión inicial que queramos hacer para el proyecto.

En este caso en concreto me decanto por utilizar los paneles policristalinos por tres razones.

La primera razón es el menor peso de estos paneles, 20.9 kilogramos según su ficha técnica, respecto de los monocristalinos, 25 kilogramos según su ficha técnica, lo que supone un ahorro total de 48.4 kilogramos sobre la azotea, la segunda razón es su mejor distribución sobre la superficie de la azotea, ya que como se ve en la ilustración 13, el panel de la parte superior derecha queda un poco por detrás del panel superior situado sobre el hueco de la escalera y esto podría afectar al rendimiento y la tercera y última razón es la menor inversión necesaria para la compra de este tipo de paneles fotovoltaicos y el resto de material como podría ser el inversor, que en este caso tendrá un precio menor al ser necesario uno con menor potencia.

## 12. Efecto de las sombras sobre los paneles fotovoltaicos

Uno de los factores más importantes a la hora de realizar una instalación solar fotovoltaica es que no existan sombras que puedan penalizar el rendimiento de nuestra instalación.

Generalmente en un panel solar fotovoltaico, las células están conectadas en serie por lo que la producción de corriente del panel queda determinada por la célula que produce menor corriente.

Cuando una célula fotovoltaica es afectada por una sombra y deja de producir corriente, por lo que se comporta como una resistencia y pasa a consumir la corriente producida por las otras células, gran parte de esta corriente se transforma en calor, lo que puede ocasionar un sobrecalentamiento y producir daños en las células fotovoltaicas.



Ilustración 16. Daños por sobrecalentamiento en células fotovoltaicas.

Para minimizar el efecto de las sombras sobre los paneles fotovoltaicos, se utilizan diodos baipás, que generalmente vienen instalados dentro de la caja de protección de cada panel y su número depende del número de células de cada panel.

En condiciones normales se crea entre las células una tensión de positivo a negativo y el diodo no conduce corriente. Cuando una sombra afecta a una célula esta produce una caída de tensión que invierte la polaridad del diodo y hace que permita el paso de corriente.

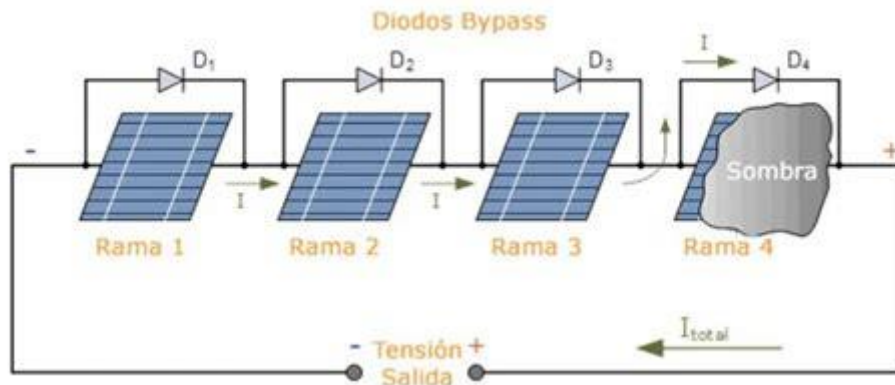


Ilustración 17. Esquema ilustrativo del recorrido de la corriente.

No se pueden evitar las sombras producidas por las nubes o por la suciedad que provocan excrementos de pájaro, hojas o plásticos arrastrados por el viento, por eso utilizamos elementos de protección como los diodos baipás, pero si pueden y deben evitarse que los paneles fotovoltaicos produzcan sombras unos sobre otros.

Con la siguiente fórmula se calcula la distancia necesaria entre filas de paneles para evitar las sombras:

$$l = k * h$$

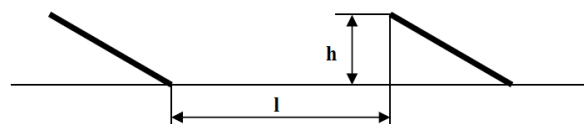


Figura 6. Representación gráfica de la distancia y altura de los paneles.

Donde  $l$  es la distancia entre filas de paneles,  $h$  la máxima altura de los paneles según su ángulo de inclinación y  $k$  es una constante que depende de la latitud en la que se sitúa la instalación.

Algunos de los valores de  $k$  son:

Latitud	29	37	39	41	43	45
$k$	1.600	2.246	2.475	2.747	3.078	3.847

Tabla 12. Valores de 'k' respecto a la latitud.

En este caso teniendo en cuenta que con la inclinación de  $60^\circ$  la altura máxima es  $h = 0.859m$  y una latitud de  $39^\circ$ , la distancia necesaria entre filas sería de:

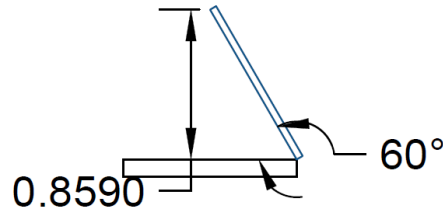


Figura 7. Representación gráfica de la altura máxima con  $60^\circ$  de inclinación.

$$l = 2.475 * 0.859 = 2.126m$$

Como en la azotea no se puede conseguir esa distancia entre filas debido a que el espacio es limitado, la mejor opción es colocar los paneles a diferentes alturas para que no produzcan sombras unos sobre otros, en concreto cada fila de paneles se situará un metro por encima de la fila anterior, excepto los tres paneles situados sobre el hueco de las escaleras, que aprovechará la inclinación del tejado de la caseta de acceso a la azotea.

En las siguientes imágenes creadas utilizando el programa SketchUp, aparece una vista general y una vista de frente y de perfil siempre con la inclinación de  $60^\circ$  para comprobar el correcto funcionamiento de la instalación en las peores circunstancias, en los que se comprueba que ningún panel da sombra a los paneles que tiene detrás.

- Vista general

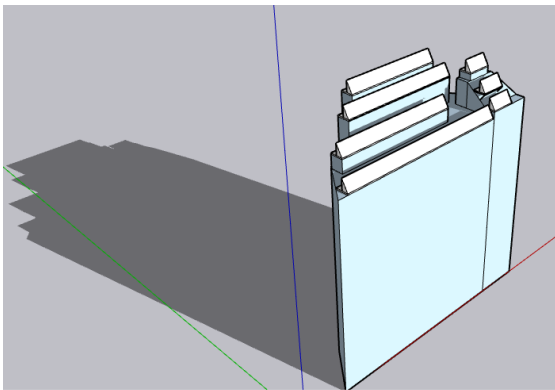


Ilustración 19. Vista general perfil izquierdo.

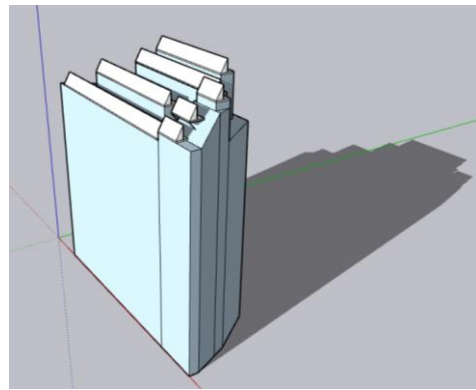


Ilustración 18. Vista general perfil derecho.

- Vista de frente:



Ilustración 20. Vista de frente.

- Vista de perfil:

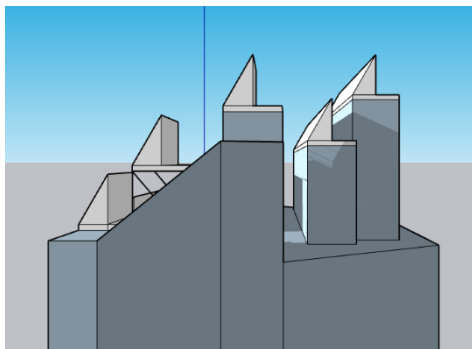


Ilustración 22. Vista de perfil derecho.

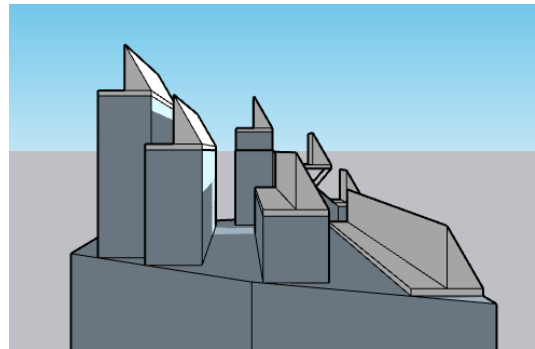


Ilustración 21. Vista de perfil izquierdo.

Es necesario recalcar que para la simulación en 3D y el estudio de sombras, el Sol se sitúa en su posición más baja durante el año para así comprobar su correcto diseño en las peores condiciones posibles.

## 13. Dimensionamiento de la instalación fotovoltaica

Una vez elegidos el número de paneles fotovoltaicos, su tipo y su distribución en la azotea, se procede a estudiar el resto de elementos eléctricos que componen la instalación fotovoltaica.

### 13.1. Caja de conexiones

Las cajas de conexiones son elementos que permiten unir las distintas líneas procedentes de las placas para reducir los metros de cableado. Se hará uso de estos elementos para obtener finalmente los conductores que llegan al inversor.

Además, estas cajas de conexión suelen estar equipadas con elementos de seguridad que serán descritos más adelante en el apartado 13.4.2., con lo cual su misión es tanto económica como funcional.

La instalación estará compuesta por 24 paneles fotovoltaicos divididos en dos líneas en paralelo con 12 paneles cada una, por lo que solo se hará uso de una caja de conexiones para unir las dos líneas y hacer llegar al inversor una única salida.

## 13.2. Inversor

En este apartado elegiremos el inversor adecuado para nuestra instalación en base a unos parámetros para asegurarnos de un correcto funcionamiento del sistema.

Estos parámetros son:

- Potencia máxima de entrada al inversor.  
La potencia máxima de entrada al inversor debe ser superior a la potencia pico de la instalación fotovoltaica. En este caso contamos con 24 paneles solares fotovoltaicos policristalinos con una potencia de  $Wp$  cada uno por lo que la potencia total de la instalación será:

$$P_{m\acute{a}x} = 24 * 340 = 8160 W$$

Por lo que la potencia máxima del inversor deberá ser mayor de 8160  $Wp$ , por ejemplo, serviría uno de 10  $kW$ .

- Corriente máxima de entrada.  
Los paneles policristalinos tienen una intensidad pico de 8.84A.  
Al tratarse de dos líneas en paralelo la corriente máxima de entrada será:

$$I_{m\acute{a}x} = 2 * 8.84 = 17.68A$$

La corriente máxima de entrada del inversor debe ser mayor de 17.68A.

- Corriente máxima de cortocircuito de entrada.  
La corriente máxima de cortocircuito de nuestro panel solar es 9.45A  
Para asegurar todavía más el sistema, se utiliza la corriente máxima de cortocircuito total a la entrada del inversor que será:

$$I_{m\acute{a}xCC} = 2 * 9.45 = 18.9A$$

Para mayor seguridad, la corriente máxima de entrada del inversor debe ser mayor de 18.9A.

- Tensión máxima en el punto de máxima potencia.  
La tensión máxima capaz de suministrar el panel fotovoltaico elegido es de 38.5V.  
Teniendo en cuenta que cada línea está compuesta de 12 paneles, la tensión máxima de entrada al inversor será de:

$$V_{m\acute{a}x} = 12 * 38.5 = 462V$$

- Tensión máxima de entrada al inversor.  
Por seguridad, como con la corriente máxima, se asegura el correcto funcionamiento del sistema utilizando la tensión de cortocircuito de los paneles que es de 46.4V. Por lo que la tensión máxima de entrada será:

$$V_{m\acute{a}x} = 12 * 46.4 = 556.8V$$

En resumen, el inversor debe cumplir los siguientes parámetros:

- Potencia máxima de entrada del inversor mayor de 8160 W.
- Corriente máxima de entrada mayor de 18.9A.
- Corriente máxima de cortocircuito de entrada del inversor mayor de 18.9A.
- Tensión máxima en el punto de máxima potencia mayor de 462V.
- Tensión máxima de entrada del inversor mayor de 556.8V.
- Tensión de salida del inversor de 230V de corriente alterna.

Entre los inversores que se comercializan actualmente se escoge el Fronius SYMO 10.0-3-M, que cumple con todas las especificaciones anteriores y sus características técnicas son:

Máxima corriente de entrada (Idc máx. 1 / Idc máx. 2)	27A / 16.5A
Máxima corriente de cortocircuito por serie FV (MPP1 / MPP2)	40.5A / 24.8A
Mínima tensión de entrada (Udc mín)	200V
Máxima tensión de entrada (Udc máx)	1000V
Rango de tensión MPP (Umpp mín. – Umpp máx)	270V – 800V
Tensión de salida	220V + 20%, –30%
Corriente de salida	14.4A

Tabla 13. Características técnicas de Fronius SYMO 10.0-3-M.

### 13.3. Cableado

Como se ha descrito anteriormente, la instalación estará formada por 2 líneas de paneles conectadas en paralelo con 12 paneles cada uno. Estas líneas se unirán en una caja de conexiones para así llegar en una única línea hasta el inversor.

En este apartado se elegirá el tipo de cableado necesario según sus características y las normas técnicas, además de representar en un esquema la estructura del cableado.

Debemos de tener en cuenta que habrá una parte de cableado para corriente continua (DC) y otra para corriente alterna (AC) con lo cual puede haber diferencias técnicas entre ambas partes.

Para todos los apartados siguientes se tendrá en cuenta el pliego de condiciones técnicas del IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía) y todas las normas técnicas a las que hace referencia.

#### 13.3.1. Diseño del recorrido del cableado

- Método de instalación:

En cuanto al método de instalación, las condiciones técnicas del IDAE dicen que el cable deberá tener la longitud necesaria para no generar esfuerzos en los diversos elementos ni posibilidad de engancho por el tránsito normal de personas. Como contará con 2 líneas en paralelo con 12 paneles conectados en serie cada una y cuenta con una doble inclinación, la mejor opción será hacer que el cableado discorra por detrás de los paneles sobre soportes anclados a la estructura, siendo así solidario a los cambios de



inclinación, disminuyendo los metros de cableado por no necesitar que los cables tengan holguras para permitir estos cambios de inclinación y evitando el peligro para el tránsito de personas.







En cuanto a evitar los esfuerzos por el cambio de inclinación en los tramos de cableado que no se encuentre bajo los paneles, estos tramos deberán de tener la longitud necesaria para dar holgura al cableado y no producir tirantez, además de discurrir por canalizaciones eléctricas para evitar que las personas tropiecen o accedan a ellos con facilidad.

El cableado de la parte de alterna discurrirá por la pared desde el inversor hasta los contadores y también estará cubierto con canalizaciones eléctricas por protección.

- Recorrido del cableado:

En los siguientes esquemas podemos ver el recorrido del cableado desde diferentes vistas.

Antes de comenzar con las vistas del cableado es necesario conocer la leyenda con el significado de los símbolos que contienen.

Panel fotovoltaico	
Vista lateral del panel fotovoltaico	
Conexión positiva del panel	
Conexión negativa del panel	
Cable positivo	
Cable negativo	






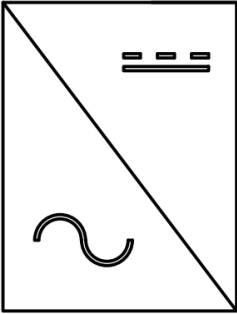
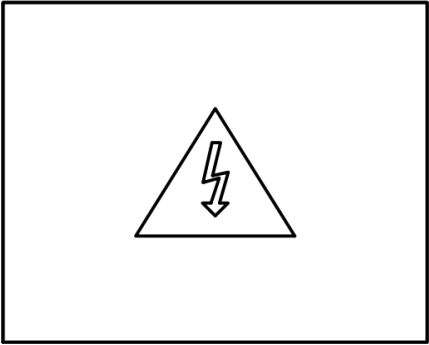
Comparten recorrido un cable negativo y uno positivo	
Comparten recorrido dos cables positivos	
Comparten recorrido dos cables positivos y uno negativo	
El recorrido del cable coincide con el borde de la pared	
Caja de conexiones	
Inversor	
Cuadro eléctrico del edificio	

Tabla 14. Leyenda de las vistas del cableado.

- Panel fotovoltaico.



Figura 8. Panel fotovoltaico con las conexiones positiva y negativa.

Podemos apreciar el perfil del panel fotovoltaico policristalino y las conexiones positiva (rojo) y negativa (negro).

- Vista en planta.

Como se describió anteriormente, el cableado de las placas conectadas en serie discurre tras las placas y siguen los soportes de los paneles para unirse a otras filas o a su punto final. En los lugares en que los cables quedan sobre la azotea y no debajo de los paneles, irán protegidos por canalizaciones eléctricas.

En algunos lugares del esquema se han utilizado distintos colores para diferenciar las zonas donde discurren más de un cable o para diferenciar algún cable de los bordes de las paredes que por defecto son negros.

El código de colores, visto anteriormente en la leyenda, es el siguiente:

- ❖ Rojo. Cable positivo.
- ❖ Negro. Cable negativo.
- ❖ Rosa. Coinciden un cable positivo y uno negativo.
- ❖ Amarillo. Coinciden dos cables positivos.
- ❖ Verde. Coinciden dos cables positivos y uno negativo.
- ❖ Marrón. Cable negativo con diferente color al negro para diferenciarlo del borde de la pared.

Estos colores también sirven para el resto de vistas del esquema.

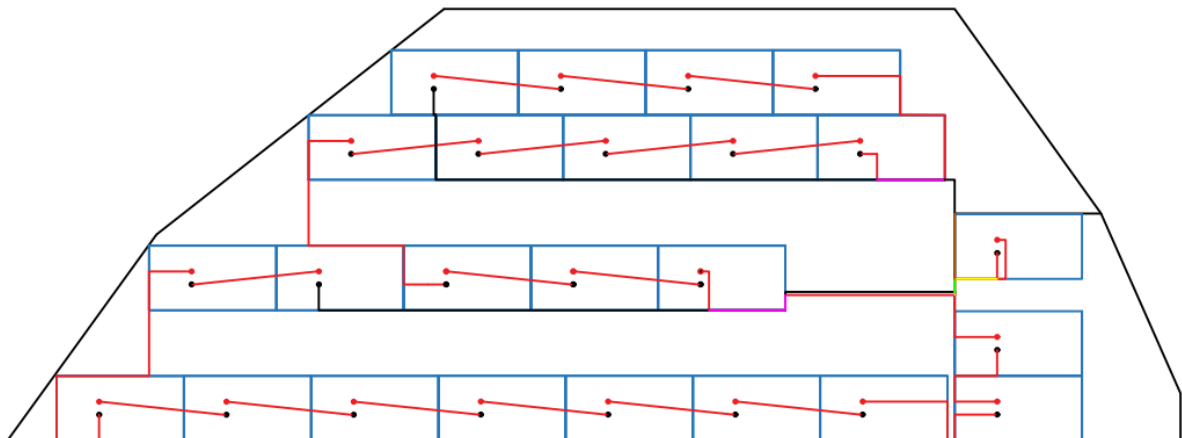


Figura 9. Vista en planta.

- Vista de perfil del exterior de la caseta.

Los conductores llegan al punto dónde se situará la caja de conexiones en el interior de la caseta, a la cual entrarán a través de la pared.

Se observa que el cable negativo de color marrón cruza por encima de la caseta hasta su punto de llegada para no entorpecer el paso de personas por la puerta, evitando tropiezos.

También podemos ver como el cableado positivo recorre la estructura de soporte de los paneles para unir estos en serie.

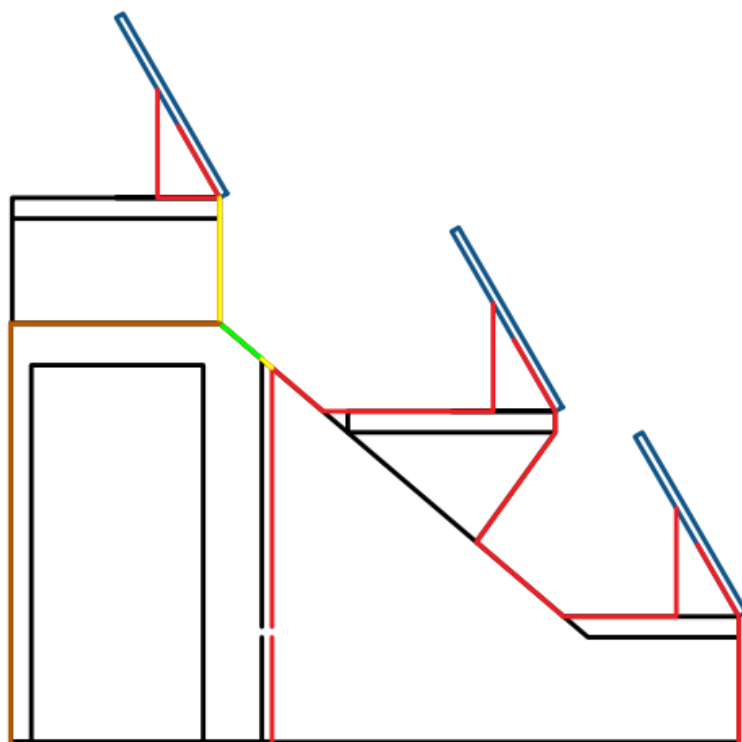


Figura 10. Vista de perfil del exterior de la caseta.

- Vista del interior de la caseta.

Los cables positivo y negativo finales salen de la caja de conexiones hacia el inversor, situado en la planta baja.

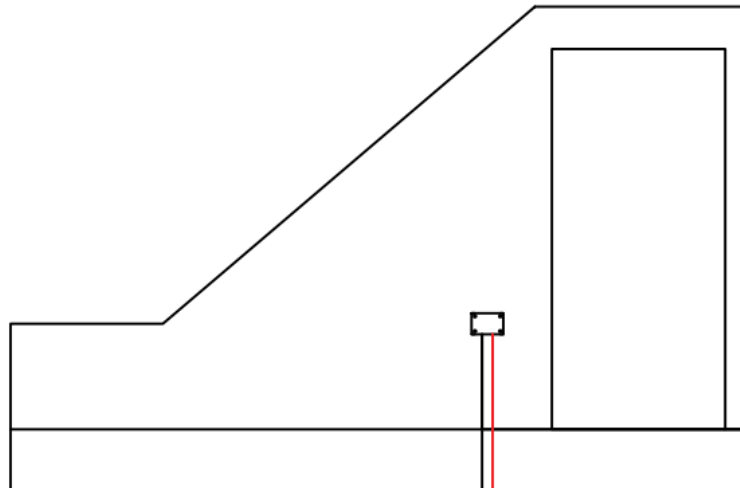


Figura 11. Vista del interior de la caseta.

- Planta baja.

En la planta baja se puede ver el inversor y como el cableado, ya de corriente alterna, llega al cuadro eléctrico del edificio que contiene los contadores.

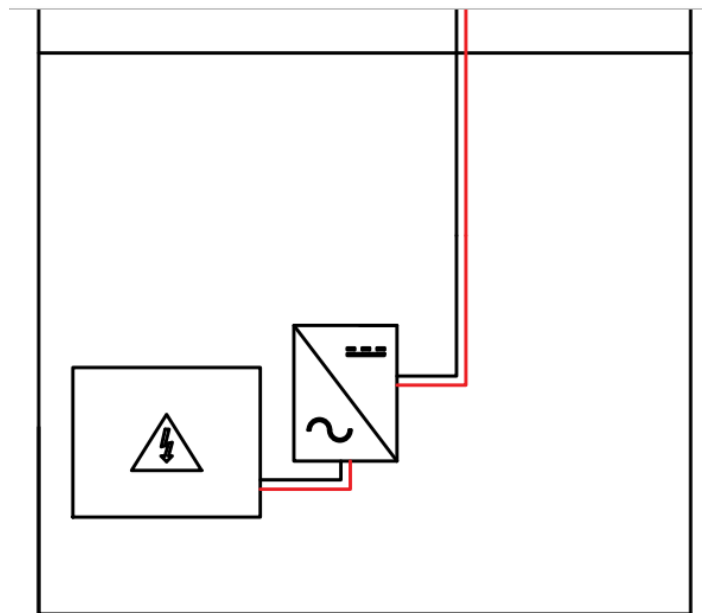


Figura 12. Inversor y cableado al cuadro eléctrico en la planta baja.

Además de los anteriores esquemas de cableado, también se ve a continuación un esquema unifilar con la conexión desde los paneles fotovoltaicos al inversor.

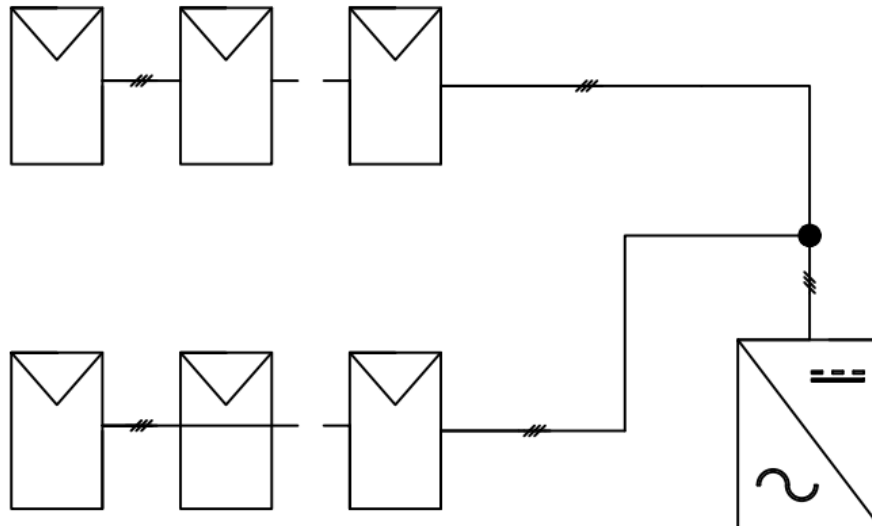


Figura 13. Esquema unifilar, conexiones desde los paneles fotovoltaicos al inversor.

### 13.3.2. Características del cableado.

- Material conductor.

Según el pliego de condiciones técnicas proporcionado por el IDAE, en el apartado 5.5.2, se especifica que los conductores serán de cobre.

En ambas partes del cableado tanto DC como AC el material conductor del cableado será el cobre.

- Aislante del conductor.

Así mismo, en las condiciones técnicas, el apartado 5.5.4 dice que todo el cableado de la parte de corriente continua debe ser de doble aislamiento y adecuado para su uso a la intemperie, al aire o enterrado, según la norma UNE 21123.

A día de hoy, la norma vigente es la norma UNE 21123-1:2017, en la cual se especifica que el material aislante de los cables eléctricos debe ser el policloruro de vinilo (PVC).

Por su parte el cableado de corriente alterna será mínimo ya que solo discurrirá del inversor al punto de conexión en el cuadro eléctrico general y se ubicarán en el interior del edificio, con lo cual no será necesario que este cableado sea adecuado para su uso a la intemperie.

- Cálculo de la sección por criterio térmico.

Se debe tener en cuenta la temperatura para dimensionar correctamente el cableado de nuestra instalación y no superar la temperatura máxima admisible por el aislante del cableado.

Se puede suponer una temperatura máxima de 45°C en Valencia, la cual entraría dentro de la temperatura de funcionamiento normal de nuestros paneles (-40° C a 85° C).

Se aplica la norma UNE-HD 60364-7-712:2017, que nos indica que para el diseño debemos utilizar la corriente de cortocircuito de cada línea multiplicada por un factor mínimo de 1,25, con lo que obtenemos que nuestra corriente de diseño es:

$$I_{diseño} = 1.25 * I_{máxCC} = 1.25 * 18.9 = 23.625A$$

A la hora de determinar la sección mínima de los cables se usa la norma UNE-HD 60364-5-52:2014, que engloba en la siguiente tabla los parámetros para elegir la sección del cable:

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

Método de instalación de la tabla B.52-1	Número de conductores cargados y tipos de aislamiento																		
	A1	PVC 3	PVC 2	PVC 3	PVC 2	XLPE 3	XLPE 2	XLPE 3	XLPE 2	XLPE 3	XLPE 2	XLPE 3	XLPE 2						
A2	PVC 3	PVC 2																	
B1				PVC 3	PVC 2														
B2				PVC 3	PVC 2														
C						PVC 3													
E							PVC 3												
F									PVC 3										
1	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11	12	13	
Sección mm <sup>2</sup>																			
Cobre																			
1,5	11	11,5	12,5	13,5	14	14,5	15,5	16	16,5	17	17,5	19	20	20	20	21	23	-	
2,5	15	15,5	17	18	19	20	20	21	22	23	24	26	27	26	28	30	32	-	
4	20	20	22	24	25	26	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	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	168	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	216	224	234	241	252	259	271	298	320	343	
120	-	-	-	207	217	216	226	240	251	260	272	280	293	301	314	350	373	397	
150	-	-	-	-	-	247	259	276	289	299	313	322	337	343	359	401	430	458	
185	-	-	-	-	-	281	294	314	329	341	356	368	385	391	409	460	493	523	
240	-	-	-	-	-	330	345	368	385	401	419	435	455	468	489	545	583	617	

Tabla 15. Tabla para conocer la sección del conductor.

También es necesaria la ayuda de la siguiente tabla para poder comprender la anterior ya que se debe identificar el método de instalación y el aislante del conductor:

**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
	Local 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
	Local Cable multiconductor 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 multiconductor 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 multiconductor 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				
	Cable multiconductor al aire libre Distancia al muro no inferior a 0,3 veces el diámetro del cable	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 Distancia al muro no inferior al diámetro del cable	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 Distancia entre ellos como mínimo el diámetro del cable	G	Ver UNE-HD 60364-5-52			

Tabla 17. Tabla para conocer el método de instalación y el aislante del conductor.

En este caso se utilizaría la instalación de referencia B1 al tratarse de conductores unipolares que discurren por canalizaciones eléctricas, con lo cual deberíamos utilizar la columna de 6a de la tabla 15 para elegir la sección del conductor que teniendo en cuenta la intensidad de diseño calculada anteriormente se debe elegir una sección de  $4 \text{ mm}^2$ , con una intensidad máxima de 26A.

Por último, para comprobar si la sección de conductor anterior es correcta, se deben tener en cuenta los factores de corrección, tanto el de agrupamiento como el de temperaturas ambiente para poder calcular correctamente la intensidad de diseño y para eso seguimos las siguientes normas.

Para el factor de corrección de temperatura ambiente (al que se nombra  $K$ ) se utiliza la siguiente tabla que forma parte de la norma UNE-HD 60364-5-52:2014.



Temperatura ambiente (°C)	Aislamiento	
	PVC	XLPE y EPR
10	1,40	1,26
15	1,34	1,23
20	1,29	1,19
25	1,22	1,14
30	1,15	1,10
35	1,08	1,05
40	1,00	1,00
45	0,91	0,96
50	0,82	0,90
55	0,70	0,83
60	0,57	0,78
65		0,71
70		0,64
75		0,55
80		0,45

Tabla 18. Tabla para conocer el factor de corrección de temperatura ambiente.

Como se ve en la tabla el valor de  $K$  será de  $K = 0.91$ .

Por su parte es necesario utilizar la tabla siguiente, presente en la norma UNE-HD 60364-5-52:2014, en la que aparecen los factores de corrección por agrupamiento (al que llamaremos  $K'$ ) ya que en el diseño hay tramos en los que llegan a coincidir 3 cables dentro de una misma canalización eléctrica.

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	0,75	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	0,80	-	-	-

Tabla 19. Tabla de factores de corrección por agrupamiento.

Como se ve es necesario elegir la fila 2, capa única sobre muros suelos o bandejas no perforadas, y la columna 3 que es el máximo número de cables que coinciden en el diseño por lo que nuestro factor de corrección será  $K' = 0.80$ .

Teniendo en cuenta estos factores, la sección de  $4 \text{ mm}^2$  no será suficiente:

$$26A * k * k' = 26 * 0.8 * 0.91 = 18.928A$$

Por lo que la sección necesaria para que la intensidad de diseño sea posible es de  $6 \text{ mm}^2$ , con una intensidad de  $34A$ :

$$34A * k * k' = 34 * 0.8 * 0.91 = 24.752A$$

En cuanto al cableado de la parte de alterna, al encontrarse en el interior y tener una intensidad máxima al ser  $14.4A$  la salida de corriente del inversor, se puede contar

con una temperatura máxima de 40°C por lo que tendría una  $K = 1$  y una  $K' = 0.85$ , por lo que tendríamos suficiente con una sección de  $2.5 \text{ mm}^2$  que tiene un máximo de 20A:

$$20A * k * k' = 20 * 1 * 0.85 = 17A$$

- Cálculo de la sección por criterio de caída de tensión máxima admisible.

A la hora de calcular la sección del cable mediante el criterio de caída de tensión, se deben tener en cuenta dos normas diferente.

En primer lugar, la instrucción técnica 40 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión dedicado a las instalaciones generadoras se afirma que los cables de conexión deben estar dimensionados para un 125% de la máxima intensidad del generador y que la caída de tensión entre el generador y el punto de conexión con la red de distribución no puede ser mayor del 1.5%.

Con esta norma se entiende que como generador se refiere al conjunto de la instalación fotovoltaica por lo que se refiere al cableado de la parte de corriente alterna que va del inversor hasta el cuadro de contadores.

Atendiendo a esta norma y teniendo en cuenta que la corriente de salida del inversor elegido es de 14.4A, nuestra corriente de diseño sería de:

$$I_{diseño} = 1.25 * 14.4 = 18A$$

Se comprueba que con la sección de cable anterior  $2.5 \text{ mm}^2$  se cumplen los requisitos de caída de tensión para lo que utilizamos la fórmula:

$$S = \frac{2 * L * I}{\gamma * e}$$

Donde se obtiene que:

- $S$ , es la sección del conductor en  $\text{mm}^2$ .
- $L$ , la longitud del cableado, que en el tramo del inversor al punto de conexión es aproximadamente de 1.2m.
- $I$ , la corriente máxima que puede circular por el cable,  $1.25 * 14.4 = 18A$ .
- $\gamma$ , la resistividad del cobre a la temperatura del conductor, al encontrarse en el interior de edificio y cerca del cuadro de contadores podemos suponer una temperatura máxima en el peor de los casos de 40°C para la que la resistividad del cobre será de  $52 \text{ m}/\Omega \text{ mm}^2$ .
- $e$ , la caída de tensión producida en voltios.

$$2.5 = \frac{2 * 1.2 * 18}{52 * e}$$

$$e = 0.332V$$

La tensión de salida del inversor es de 230V por lo que 0.332V equivale a un 0.144% por lo que la sección de 2.5mm<sup>2</sup> es correcta para la instalación en el tramo de alterna.

La segunda norma hace referencia al Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red desarrollado por el IDAE, se indica que, para cualquier condición de trabajo, los conductores deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior del 1.5%, con lo cual entendemos que este debe ser el porcentaje máximo de caída de tensión en nuestra instalación fotovoltaica.

Utilizando la misma fórmula que en la anterior norma, Se comprueba si el uso de una sección de 6 mm<sup>2</sup> es correcto:

$$S = \frac{2 * L * I}{\gamma * e}$$

- S, es la sección del conductor en mm<sup>2</sup>.
- L, la longitud del cableado, que en este caso obtenemos una longitud aproximada de 95 metros.
- I, la corriente máxima que puede circular por el cable, se utiliza la máxima corriente de cortocircuito como en la elección del inversor, que es de 18.9A.
- γ, la resistividad del cobre a la temperatura del conductor, se elige una temperatura de 45°C para la que la resistividad del cobre será de 50.5m/Ωmm<sup>2</sup>.
- e, la caída de tensión producida en voltios.

$$6 = \frac{2 * 95 * 18.9}{50.5 * e}$$

$$e = 11.85V$$

La tensión de trabajo del campo fotovoltaico es 462V por lo que 11.85V representarían un 2.56%, lo que no cumpliría con la normativa.

Probamos con una sección del conductor de 10 mm<sup>2</sup>.

$$10 = \frac{2 * 95 * 18.9}{50.5 * e}$$

$$e = 7.11V$$

Tampoco serviría ya que 7.11V suponen un 1.538%, por lo que nos quedamos con una sección de 16 mm<sup>2</sup>.

- Tipo de cable elegido.

Según los criterios utilizados en los puntos anteriores, se puede determinar, que tendremos dos tipos de cableado en nuestra instalación fotovoltaica. Ambos serán de cobre con doble aislamiento de PVC, pero la diferencia recae en que la sección del conductor será diferente para el cableado de corriente continua y el de corriente

alterna, teniendo estos respectivamente una sección de  $16 \text{ mm}^2$  y  $2.5 \text{ mm}^2$ , cumpliendo ambos con todos los requisitos anteriormente presentados.

#### 13.4. Protecciones de la instalación fotovoltaica.

A la hora de realizar una instalación fotovoltaica, además de todos los componentes mencionados anteriormente, se requieren una serie de elementos para su protección.

En el siguiente apartado, se omentan los más relevantes y que utilizaremos en nuestra instalación.

##### 13.4.1. Dispositivos de protección

Como se ha comentado anteriormente, en la parte de corriente continua se utilizará una caja de conexiones con dos entradas, una para cada línea de la instalación. Estas cajas también llamadas concentradores, contienen en su interior seccionadores y dispositivos de protección frente a sobretensiones, para garantizar la seguridad de la instalación.

Los dispositivos frente a sobretensiones con os que cuentan las cajas son fusibles en este caso, por lo que estos, deben cumplir dos condiciones para su correcto funcionamiento.

1. Condición de elección de la  $I_n$  del fusible.

$$I_c \leq I_n < I_z$$

Siendo:

$I_c$ : Intensidad de empleo o utilización, intensidad calculada de consumo de la instalación.  $9.45A$  que es la intensidad de cada línea de paneles.

$I_n$ : Intensidad nominal del fusible.

$I_z$ : Intensidad máxima admisible en el conductor.  $63A$  para el conductor de  $16 \text{ mm}^2$ , teniendo en cuenta el método B1 y la columna 6a.

$$9.45 \leq I_n < 63$$

2. Condición de protección frente a sobrecargas.

$$I_f \leq 1.45 * I_z$$

Siendo:

$I_f$ : Intensidad de sobrecarga del fusible, que es el resultado de multiplicar el coeficiente de fusión del fusible ( $C_{FF} = 1.6$ , valor que fijan algunos autores para cualquier  $I_n$  de los fusibles curva gG) por la intensidad nominal,  $I_f = C_{FF} * I_n$ .

$I_z$ : Intensidad máxima admisible en el conductor.  $63A$  para el conductor de  $16 \text{ mm}^2$ , teniendo en cuenta el método B1 y la columna 6a.

En el mercado puede encontrarse la caja de conexiones AMB Greenpower que cuenta con fusibles de 16A como protección frente a sobretensiones, por lo que, con los criterios anteriores, se comprueba si estos fusibles son correctos para la instalación.

1. Condición de elección de la  $I_n$  del fusible.

$$9.45 \leq 16 < 63$$

La primera condición se cumple correctamente.

2. Condición de protección frente a sobrecargas.

$$1.6 * 16 \leq 1.45 * 63$$

$$25.6 \leq 91.35$$

La segunda condición también se cumple.

Además de la protección frente a las sobretensiones, la caja de conexiones cuenta también con:

- Fusibles de 16A de protección en positivo y negativo.
- Salida con Seccionador hasta  $900V_{DC}$  y 25A ( $1000V_{DC}$  de aislamiento).
- Sin contacto auxiliar de estado.
- Dimensiones 380x380x225 (mm).
- Protección IP55.
- Entradas y Salidas con prensaestopas.
- Con protector sobretensiones de continua clase 2 hasta  $1000V_{DC}$ , sin contacto auxiliar.

En la parte de corriente alterna, se deben colocar protecciones también contra sobretensiones, sobreintensidades y protección frente a contactos, para lo cual se utilizarán un magnetotérmico y un diferencial respectivamente, teniendo en cuenta, que la tensión e intensidad de la salida del inversor que son de  $220V$  y  $14.4A$  respectivamente.

Para la elección del magnetotérmico, se deben cumplir los dos criterios siguientes:

1. Condición de elección de la  $I_n$  del magnetotérmico.

$$I_c \leq I_n \leq I_z$$

$I_c$ : Intensidad de empleo o utilización, intensidad calculada de consumo de la instalación.  $14.4A$  que es la intensidad de cada línea de paneles.

$I_n$ : Intensidad nominal del fusible.

$I_z$ : Intensidad máxima admisible en el conductor.  $20A$  para el conductor de  $2.5 \text{ mm}^2$ , teniendo en cuenta el método B1 y la columna 6a.

$$14.4 \leq I_n \leq 20$$

2. Condición de protección frente a sobrecargas.

$$I_f \leq 1.45 * I_z$$

Siendo:

*I<sub>f</sub>*: Intensidad de disparo del magnetotérmico.

*I<sub>z</sub>*: Intensidad máxima admisible en el conductor. 20A para el conductor de 2.5 mm<sup>2</sup>, teniendo en cuenta el método B1 y la columna 6a.

Los magnetotérmicos siempre cumplen con el segundo criterio, por lo que teniendo en cuenta el primer criterio, tenemos que elegir un magnetotérmico con una intensidad nominal de 16A, que es la intensidad normalizada que cumpliría con la primera condición.

Para la elección del interruptor diferencial, elegimos uno con una sensibilidad de 30 mA, ya que son los utilizados en las viviendas habitualmente y al encontrarse aguas debajo del del magnetotérmico, la corriente asignada al diferencial debe ser al menos igual a la del magnetotérmico, aunque es recomendable utilizar la fórmula:

$$I_{nd} \geq 1.4 * I_n$$

Siendo *I<sub>nd</sub>* la intensidad nominal del diferencial y *I<sub>n</sub>* la intensidad nominal del magnetotérmico.

$$I_{nd} \geq 1.4 * 16 = 22.4A$$

Teniendo en cuenta esto, elegimos el siguiente valor normalizado que sería de 25A.

### 13.5. Puesta a tierra

Según el reglamento electrotécnico de baja tensión, la toma a tierra es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de una parte, del circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al mismo, mediante una toma de tierra con un electrodo o grupos de electrodos enterrados en el suelo.

Este sistema evita posibles descargas al entrar en contacto con aparatos eléctricos porque desvía las corrientes de fuga, ocasionadas ya sea por daños en los conductores, o por conductores sin el aislante necesario.

Según el Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, la puesta a tierra debe cumplir con tres condiciones:

1. La puesta a tierra de las instalaciones interconectadas se hará de manera que no alteren la puesta a tierra de la empresa distribuidora.
2. La instalación deberá disponer de una separación galvánica entre la red de distribución y las instalaciones generadoras.
3. Las masas de la instalación de generación estarán conectadas a una tierra independientemente de la del neutro de la empresa distribuidora y cumplirán con lo indicados en los reglamentos de seguridad y calidad industrial.

En primer lugar, para la parte de corriente continua de la instalación, los paneles fotovoltaicos estarán aislados de tierra y para controlar que se encuentran aislados, se emplean sistemas de vigilancia. Actualmente estos sistemas se encuentran incluidos en los inversores, que comprueban en su entrada de corriente continua el correcto aislamiento de los polos positivo y negativo. El inversor elegido para esta instalación (Fronius SYMO 10.0-3-M) cuenta con esta protección.

No obstante, la estructura metálica que soporta los paneles fotovoltaicos si deberá ir puesta a tierra, junto con las partes metálicas de dichos paneles, esta puesta a tierra deberá ser independiente de la puesta a tierra de la parte de baja tensión de alterna.

Según el reglamento la derivación de corriente se limita a un máximo de  $100\text{ mA}$  y que cualquier contacto no pueda dar lugar a una tensión mayor de  $24\text{ V}$ .

Con estos datos determinamos la resistencia de tierra máxima ( $Rt\text{ máx}$ ):

$$Rt\text{ máx} = \frac{V}{I} = \frac{24}{0.1} = 240\Omega$$

El terreno en el que se encuentra el edificio tiene una resistividad de  $300\ \Omega/m$  al ser un terreno de arenas y silicatos y utilizaremos 3 picas de acero con una longitud de 4 metros.

La resistencia de puesta a tierra será:

$$Rt = \frac{\rho}{n * L} = \frac{300}{3 * 4} = 25\Omega$$

Con este resultado, se cumple la condición de que  $Rt \leq Rt\text{ máx}$ .

Por su parte, en la parte de la instalación de corriente alterna, el inversor es de clase I, por lo que deberá conectarse al circuito de puesta a tierra del edificio. El circuito de puesta a tierra del edificio se calculará más adelante, en el apartado de actualización de la instalación eléctrica.

Según el artículo 18 del Reglamento electrotécnico de baja tensión, elegiremos la sección del conductor con la siguiente tabla:

Sección de los conductores de fase de la instalación $S\text{ (mm}^2\text{)}$	Sección mínima de los conductores de protección $S_p\text{ (mm}^2\text{)}$
$S \leq 16$	$S_p = S$
$16 < S \leq 35$	$S_p = 16$
$S > 35$	$S_p = S/2$

Tabla 20. Tabla para la elección de la sección del conductor.

Como los conductores activos tienen una sección menor o igual a  $16\text{ mm}^2$ , la sección del conductor de protección será la misma que estos, es decir  $16\text{ mm}^2$  y  $2.5\text{ mm}^2$  respectivamente para la parte de corriente continua y la de corriente alterna.

### 13.6. Contadores

Sobre los contadores, en el artículo 10 del Real Decreto 244/2019, se establece que, para el caso de autoconsumo con excedentes acogido a compensación, será necesario el uso de un contador bidireccional situado en el punto de interconexión con la red, además de un contador independiente para cada uno de los pisos y un contador para el alumbrado de la escalera y el portero automático.

Además del contador anterior, también se establece en este Real Decreto, en el caso de instalaciones de autoconsumo colectivo, es necesario un contador adicional de generación de energía.

En el siguiente esquema podemos ver los elementos que hemos citado en los párrafos anteriores:

- A.R.1. Se trata del contador de generación de energía.
- A.R.2. Se trata del contador bidireccional.
- Cuadro de medida. Es donde se sitúan los contadores independientes de cada piso.

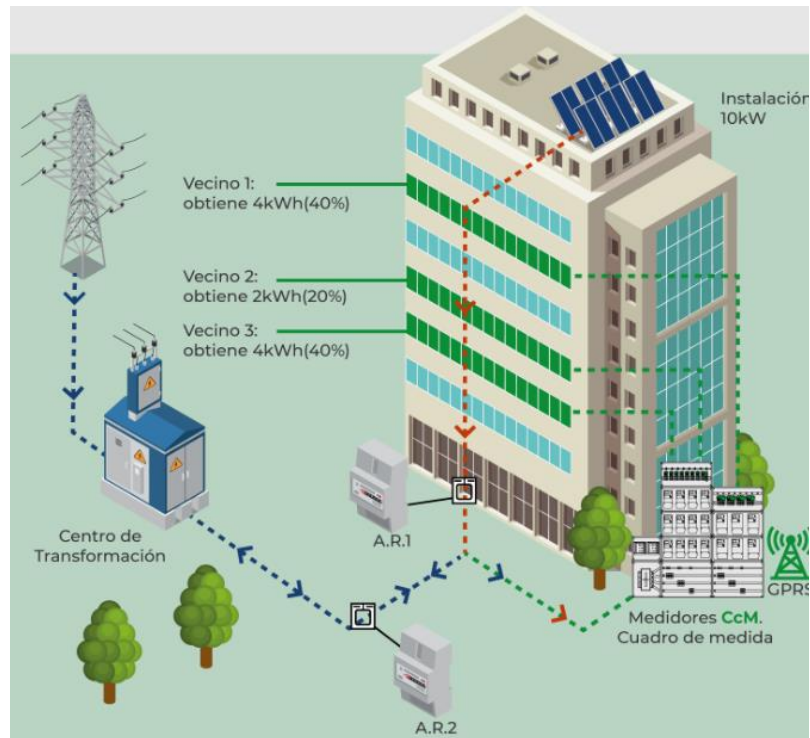


Ilustración 23. Representación gráfica de los elementos A.R.1, A.R.2 y cuadro de medida.

## 14. Elección de los anclajes para los paneles

Los anclajes para los paneles fotovoltaicos son un elemento crucial a la hora de realizar una instalación fotovoltaica.

Anteriormente en el apartado 5. Orientación e inclinación de los paneles, se decidió elegir una doble inclinación, con 15º para los meses de verano y 60º para los meses de invierno, para maximizar la incidencia de la luz solar sobre las células fotovoltaicas y producir así la mayor energía eléctrica posible. También los paneles están colocados de manera que unos quedan por encima de otros para así evitar el efecto del sombreado producido por otros paneles.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, son necesarios dos tipos de anclajes, uno para las placas que están en la primera fila y el primer panel sobre la caseta de la azotea, es decir, las que no necesitan estar elevadas para evitar las sombras y otra estructura para los paneles que necesitan estar elevados.

En el caso de los paneles en la primera fila, se trata de una estructura anclada directamente al suelo de la azotea, del mismo estilo de la que podemos ver en la imagen siguiente:





Ilustración 24. Paneles primera fila, anclados al suelo.

Mientras que para los paneles que necesitan estar elevados, en un principio se había planteado el uso de una estructura como la que podemos ver en la siguiente imagen:



Ilustración 25. Primera estructura planteada para paneles elevados.

Pero buscando en páginas especializadas en fotovoltaica, se ha decidido utilizar soportes de tipo poste individuales para cada panel, por su mayor simplicidad y poder ajustar cada uno tanto en inclinación como en altura y no tener que pedir una estructura a medida para nuestra azotea, ya que la distribución de los paneles es compleja.



Ilustración 26. Soporte tipo poste individual para cada panel.

En ambos casos los anclajes son regulables en inclinación y los anclajes en poste pueden pedirse de diferentes alturas por lo que se cumplirían los requisitos tanto en altura como en inclinación.

Por tanto, son necesarios un total de 8 anclajes directamente al suelo, mientras que de los anclajes de tipo poste necesitaremos, 5 con una altura de 1 metro, 5 con una altura de 2 metros, 4 con una altura de 3 metros y 2 con una altura de 0.5 metros, para hacer un total de 16 anclajes de tipo poste.

## 15. Coste de la instalación fotovoltaica y viabilidad económica

En este apartado analizaremos los costes de los materiales necesarios para realizar la instalación fotovoltaica y conocer si es económicamente viable realizarla.

Los costes del material pueden variar según el suministrador escogido, por eso se han utilizado unos precios aproximados encontrados en tiendas especializadas, que se encuentran en la siguiente tabla:

Concepto	Precio unitario	N.º de unidades	Precio total (€)
<b>Panel solar fotovoltaico</b>	154.86	24	3716.64
<b>Anclaje de suelo</b>	90	8	720
<b>Anclaje en poste</b>	298.53	16	4776.48
<b>Cableado sección 16 mm<sup>2</sup></b>	2.05 por metro	95 metros	194.75
<b>Cableado sección 2.5 mm<sup>2</sup>.</b>	1.36 por metro	1.2	1.63
<b>Caja de conexiones</b>	228	1	228
<b>Inversor</b>	2486.85	1	2486.85
<b>Canalizaciones eléctricas</b>	3.87 por metro	20	77.4
<b>Interruptor automático magnetotérmico</b>	23.79	1	23,79
<b>Interruptor diferencial</b>	182.43	1	182.43
<b>Contador bidireccional</b>	118	1	118
<b>Contador de generación de energía</b>	175	1	175

Tabla 21. Coste del material empleado.

A este precio habría que sumar el coste del pequeño material, como podría ser la tornillería de los anclajes lo que supondría un coste de unos 100€ y la mano de obra que debido a la complejidad de nuestra instalación se puede suponer un coste de unos 2000€.

Con lo cual el coste total de nuestra instalación sería de 14800.97 € aproximadamente. Más adelante, en el apartado de presupuesto se detallará el coste final exacto.

Teniendo en cuenta que la potencia de nuestra instalación es de 8.16kW<sub>p</sub>, el coste por vatio pico (W<sub>p</sub>) sería de:

$$\text{Coste } W_p = \frac{\text{Coste total}}{\text{Potencia pico de la instalación}} = \frac{14800.97}{8160} = 1.813\text{€/}W_p$$

En este caso en particular se trata de un coste muy elevado respecto al coste medio de este tipo de instalaciones fotovoltaicas, ya que se pueden encontrar kits solares con todo lo necesario para una instalación de entre  $8kWp$  y  $10kWp$  con un precio que ronda entre los 7000 y los 9000 euros, sin incluir la mano de obra, pero seguiría siendo un coste muy inferior.

Este coste tan elevado, es debido a la complejidad de la distribución de los paneles en la azotea para poder ocupar la mayor superficie posible y que se deben utilizar anclajes con un coste muy elevado.

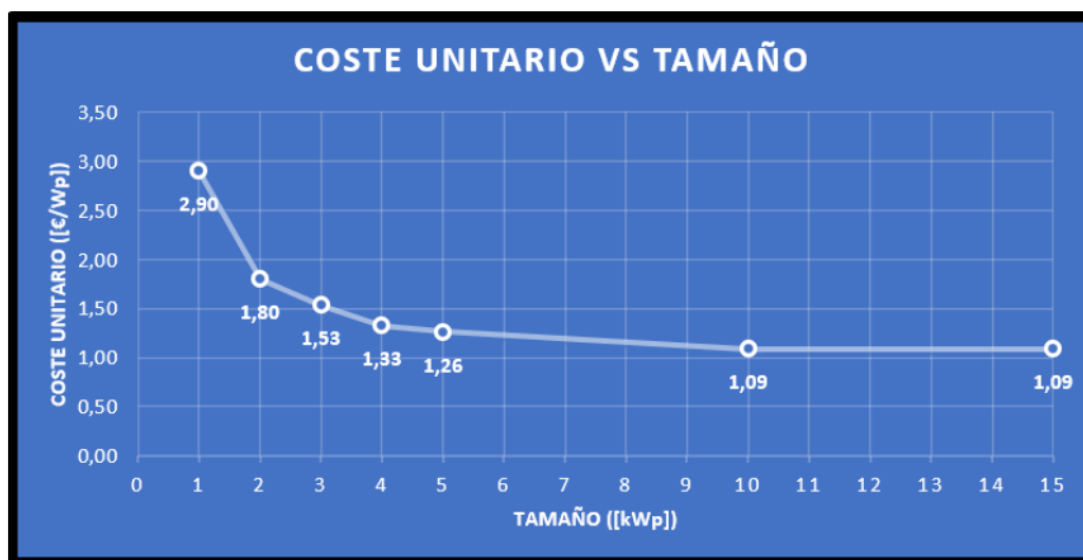


Ilustración 27. Representación gráfica de la relación entre coste unitario y el tamaño.

Como se ve en la gráfica anterior, el coste por kWp para instalaciones de esta potencia en España está en torno a 1.2 euros por vatio pico y tiene un período de amortización de unos 7 años, lo que supondría un sobrecoste en nuestra instalación de un 50.83% y un aumento significativo del período de amortización.

Además de esto, se ha de tener en cuenta los costes en el futuro, como pueden ser el cambio de los elementos que terminan su vida útil, como el inversor y el cableado a la intemperie, el mantenimiento y la pérdida de rendimiento de los paneles lo que encarecería más la instalación.

## 16. Actualización de la instalación eléctrica del edificio

Una vez terminada la instalación fotovoltaica, en este apartado será descrita la actualización a la que se somete la instalación eléctrica del edificio para que se cumplan las normas según el RBT (Reglamento electrotécnico para Baja Tensión).

Para esto, de la antigua instalación se han utilizado únicamente las canalizaciones eléctricas ya presentes en el interior de las paredes del edificio, por lo que se respetarán los antiguos puntos de luz y enchufes, renovando el material, siempre que sea reglamentariamente correcto y se añadirá lo que sea necesario.

El esquema de los pisos y de la planta baja, quedan representados en los siguientes esquemas:

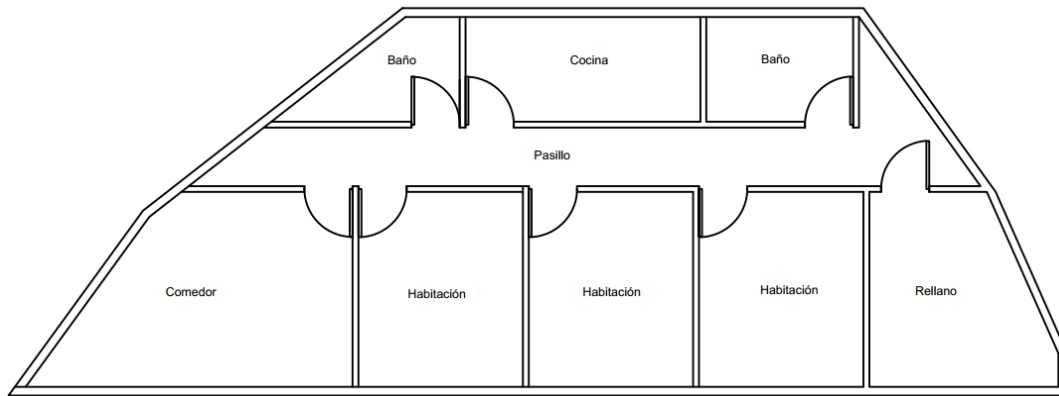


Figura 14. Esquema de los pisos.

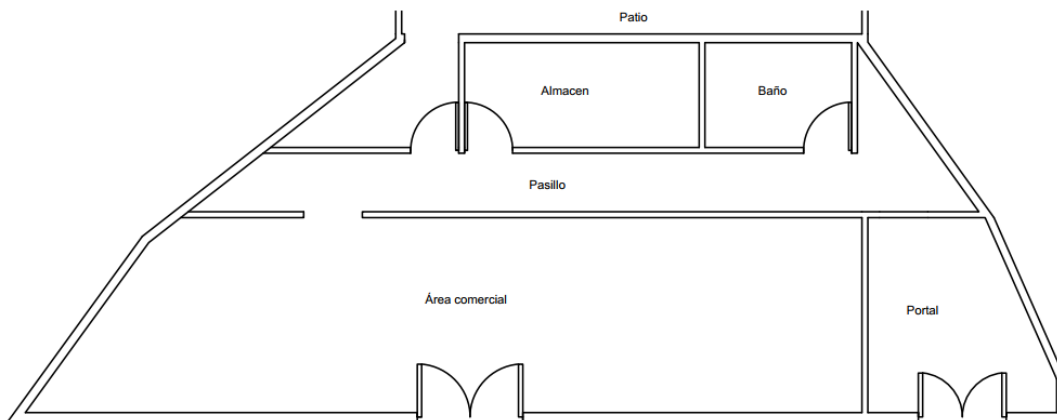




Figura 15. Esquema de la planta baja.

A continuación, se representan la distribución de los elementos eléctricos sobre el plano de las viviendas y el local y se determinan los puntos de utilización para los circuitos C1 alumbrado, C2 tomas de corriente general, C3 cocina y horno, C4 lavavajillas, lavadora y calentador eléctrico y C5 tomas de baño y cocinas y, el grado de electrificación.

Antes de comenzar con los esquemas unifilares, se debe conocer la simbología de los elementos eléctricos, que se especifica en la siguiente tabla:

Pulsador	
Interruptor	

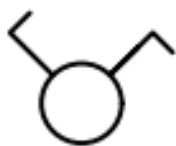
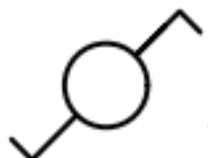
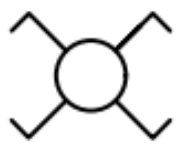
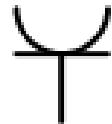


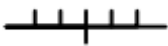


Interruptor doble	
Conmutador	
Conmutador de cruzamiento	
Toma de corriente bipolar de 16 A con toma de tierra	
Toma de corriente bipolar de 25 A con toma de tierra	
Lámpara o punto de luz	
Cuadro general de mando y protección	
Conductor de 3 hilos	
Timbre	

Tabla 22. Simbología empleada para los elementos eléctricos.

La actual distribución de la instalación eléctrica del edificio queda representada en los siguientes esquemas:

- **Pisos:**

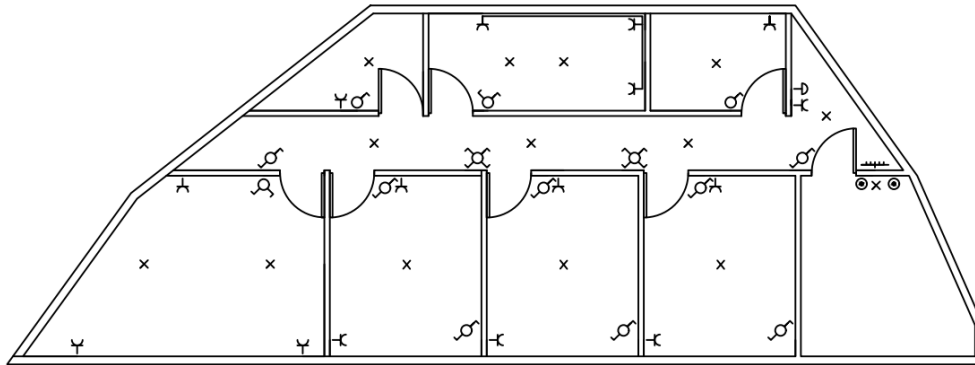


Figura 16. Esquema de la distribución de la instalación eléctrica en los pisos.

La instalación del esquema debe cumplir con los requisitos de las siguientes tablas del ITC-BT 25, que son:

Circuito de utilización	Potencia prevista por toma (W)	Factor simultaneidad Fs	Factor utilización Fu	Tipo de toma <sup>(7)</sup>	Interruptor Automático (A)	Máximo nº de puntos de utilización o tomas por circuito	Conductores sección mínima mm <sup>2</sup> <sup>(5)</sup>	Tubo o conducto Diámetro mm <sup>(3)</sup>
C <sub>1</sub> Iluminación	200	0,75	0,5	Punto de luz <sup>(9)</sup>	10	30	1,5	16
C <sub>2</sub> Tomas de uso general	3.450	0,2	0,25	Base 16A 2p+T	16	20	2,5	20
C <sub>3</sub> Cocina y horno	5.400	0,5	0,75	Base 25 A 2p+T	25	2	6	25
C <sub>4</sub> Lavadora, lavavajillas y termo eléctrico	3.450	0,66	0,75	Base 16A 2p+T combinadas con fusibles o interruptores automáticos de 16 A <sup>(8)</sup>	20	3	4 <sup>(6)</sup>	20
C <sub>5</sub> Baño, cuarto de cocina	3.450	0,4	0,5	Base 16A 2p+T	16	6	2,5	20
C <sub>6</sub> Calefacción <sup>(2)</sup>	---	---	---	---	25	---	6	25
C <sub>9</sub> Aire acondicionado <sup>(2)</sup>	---	---	---	---	25	---	6	25
C <sub>10</sub> Secadora	3.450	1	0,75	Base 16A 2p+T	16	1	2,5	20
C <sub>11</sub> Automatización <sup>(4)</sup>	---	---	---	---	10	---	1,5	16

Tabla 23. Requisitos para la instalación del ITC-BT 25.

Estancia	Circuito	Mecanismo	n° mínimo	Superf./Longitud
Acceso	C <sub>1</sub>	pulsador timbre	1	
Vestibulo	C <sub>1</sub>	Punto de luz Interruptor 10.A	1 1	--- ---
	C <sub>2</sub>	Base 16 A 2p+T	1	---
Sala de estar o Salón	C <sub>1</sub>	Punto de luz Interruptor 10 A	1 1	hasta 10 m <sup>2</sup> (dos si S > 10 m <sup>2</sup> ) uno por cada punto de luz
	C <sub>2</sub>	Base 16 A 2p+T	3 <sup>(1)</sup>	una por cada 6 m <sup>2</sup> , redondeado al entero superior
	C <sub>8</sub>	Toma de calefacción	1	hasta 10 m <sup>2</sup> (dos si S > 10 m <sup>2</sup> )
	C <sub>9</sub>	Toma de aire acondicionado	1	hasta 10 m <sup>2</sup> (dos si S > 10 m <sup>2</sup> )
Dormitorios	C <sub>1</sub>	Puntos de luz Interruptor 10 A	1 1	hasta 10 m <sup>2</sup> (dos si S > 10 m <sup>2</sup> ) uno por cada punto de luz
	C <sub>2</sub>	Base 16 A 2p+T	3 <sup>(1)</sup>	una por cada 6 m <sup>2</sup> , redondeado al entero superior
	C <sub>8</sub>	Toma de calefacción	1	---
	C <sub>9</sub>	Toma de aire acondicionado	1	---
Baños	C <sub>1</sub>	Puntos de luz Interruptor 10 A	1 1	--- ---
	C <sub>2</sub>	Base 16 A 2p+T	1	---
	C <sub>8</sub>	Toma de calefacción	1	---
Pasillos o distribuidores	C <sub>1</sub>	Puntos de luz Interruptor/Conmutador 10 A	1 1	uno cada 5 m de longitud uno en cada acceso
	C <sub>2</sub>	Base 16 A 2p + T	1	hasta 5 m (dos si L > 5 m)
	C <sub>8</sub>	Toma de calefacción	1	---
Cocina	C <sub>1</sub>	Puntos de luz Interruptor 10 A	1 1	hasta 10 m <sup>2</sup> (dos si S > 10 m <sup>2</sup> ) uno por cada punto de luz
	C <sub>2</sub>	Base 16 A 2p + T	2	extractor y frigorífico
	C <sub>3</sub>	Base 25 A 2p + T	1	cocina/horno
	C <sub>4</sub>	Base 16 A 2p + T	3	lavadora, lavavajillas y termo
	C <sub>5</sub>	Base 16 A 2p + T	3 <sup>(2)</sup>	encima del plano de trabajo
	C <sub>8</sub>	Toma calefacción	1	---
	C <sub>10</sub>	Base 16 A 2p + T	1	secadora
Terrazas y Vestidores	C <sub>1</sub>	Puntos de luz Interruptor 10 A	1 1	hasta 10 m <sup>2</sup> (dos si S > 10 m <sup>2</sup> ) uno por cada punto de luz
Garajes unifamiliares y Otros	C <sub>1</sub>	Puntos de luz Interruptor 10 A	1 1	hasta 10 m <sup>2</sup> (dos si S > 10 m <sup>2</sup> ) uno por cada punto de luz
	C <sub>2</sub>	Base 16 A 2p + T	1	hasta 10 m <sup>2</sup> (dos si S > 10 m <sup>2</sup> )

Tabla 24. Requisitos para la instalación del ITC-BT 25.\*

Se trata de viviendas de 70.98m<sup>2</sup> con la siguiente distribución:

Estancia	N.º Identificación	Superficie (S) m <sup>2</sup>
Acceso	1	
Vestíbulo	1	3.025
Pasillo	1	10.77
Salón	1	14.38
Cocina	1	7.16
Baños	1	4.475
	2	3.69
Dormitorios	1	9.16
	2	9.16
	3	9.16

Tabla 25. Distribución de la vivienda.

- Puntos de utilización de alumbrado, circuito C1:

Estancia	N.º Ident.	S m <sup>2</sup>	Circuito C1					
			Puls. Timbre		Puls. Simples		Puls. Conmutados	
			Mín.	Inst..	Mín.	Inst..	Mín.	Inst.
<b>Acceso</b>	1		1	1				
<b>Vestíbulo</b>	1	3.025			1	0		
<b>Pasillo</b>	1	10.77					2	4
<b>Salón</b>	1	14.38			2	2		
<b>Cocina</b>	1	7.16			1	2		
<b>Baños</b>	1	4.475			1	1		
	2	3.69			1	1		
<b>Dormitorios</b>	1	9.16					1	2
	2	9.16					1	2
	3	9.16					1	2
<b>Total</b>				1		6		10

Tabla 26. Puntos de utilización de alumbrado, circuito C1.

El número total de puntos de alumbrado es 16 más el timbre del acceso, que no supera el máximo número de puntos de utilización o tomas por circuito, que son 30 y cumple con todos los mínimos excepto en el vestíbulo, en el que habrá que añadir su propio punto de alumbrado.

- Tomas de corriente general, circuito C2:

Estancia	N.º Identificación	S m <sup>2</sup>	Circuito C2	
			Tomas	
			Mínimo	Instalación
<b>Acceso</b>	1			
<b>Vestíbulo</b>	1	3.025	1	1
<b>Pasillo</b>	1	10.77	2	0
<b>Salón</b>	1	14.38	2	3
<b>Cocina</b>	1	7.16	2	1
<b>Baños</b>	1	4.475		
	2	3.69		
<b>Dormitorios</b>	1	9.16	2	2
	2	9.16	2	2
	3	9.16	2	2
<b>Total</b>				11

Tabla 27. Tomas de corriente general, circuito C2.

En total contamos con 11 tomas de corriente, que no sobrepasan el mínimo de 20. Pero no contamos con el mínimo de 2 tomas que requiere el reglamento para el pasillo ni con una toma para el extractor en la cocina, por lo que habrá que añadirlas en la actualización.



- Tomas de cocina y horno, circuito C3:

Estancia	N.º Identificación	S m <sup>2</sup>	Circuito C3	
			Tomas	
			Mínimo	Instalación
<b>Cocina</b>	1	7.16	1	0
<b>Total</b>				0

Tabla 28. Tomas de corriente de la cocina y horno, circuito C3.

Las viviendas no cuentan con tomas de 25A Para la cocina y el horno, ya que utilizan gas butano, estas tomas se añadirán en la actualización.

- Lavavajillas, lavadora y termo eléctrico, circuito C4:

Estancia	N.º Identificación	S m <sup>2</sup>	Circuito C4	
			Tomas	
			Mínimo	Instalación
<b>Cocina</b>	1	7.16	3	1
<b>Baños</b>	1	4.475		
	2	3.69		
<b>Total</b>				1

Tabla 29. Tomas de corriente del lavavajillas, lavadora y termo eléctrico, circuito C4.

Las viviendas solo cuentan con un enchufe en la cocina para la lavadora, no tienen lavavajillas y cuentan con un calentador de agua de gas. En la actualización se añadirá una toma de corriente para el lavavajillas y se sustituirá el termo a gas por uno eléctrico.

- Baño y cocina, circuito C5:

Estancia	N.º Identificación	S m <sup>2</sup>	Circuito C5	
			Tomas	
			Mínimo	Instalación
<b>Cocina</b>	1	7.16	3	1
<b>Baños</b>	1	4.475	1	1
	2	3.69	1	1
<b>Total</b>				3

Tabla 30. Tomas de corriente del baño y cocina, circuito C5.

Los baños cumplen con los mínimos, pero en la cocina es necesario añadir dos tomas de corriente más para cumplir con el mínimo.

Una vez vistos todos los puntos de utilización presentes en las viviendas, podemos decir que se trata de viviendas con un grado de electrificación básico, ya que cumple los siguientes parámetros:

- Tienen una superficie inferior a 160m<sup>2</sup>.
- Número de tomas C1 inferior a 30.
- Número de tomas C2 inferior a 20.

- Número de tomas C5 inferior a 6.

Después de conocer la instalación actual, se añaden las tomas de corriente y puntos de luz necesarios vistas anteriormente para cumplir con el reglamento, y se realiza la previsión de potencia y la elección de la sección del conductor.

1. Circuitos C1, C2, C3, C4 y C5.

- Puntos de utilización de alumbrado, circuito C1.

Estancia	N.º Ident.	S m <sup>2</sup>	Circuito C1					
			Puls. Timbre		Puls. Simples		Puls. Conmutados	
			Mín.	Inst..	Mín.	Inst..	Mín.	Inst.
<b>Acceso</b>	1		1	1				
<b>Vestíbulo</b>	1	3.025			1	1		
<b>Pasillo</b>	1	10.77					2	4
<b>Salón</b>	1	14.38			2	2		
<b>Cocina</b>	1	7.16			1	2		
<b>Baños</b>	1	4.475			1	1		
	2	3.69			1	1		
<b>Dormitorios</b>	1	9.16					1	2
	2	9.16					1	2
	3	9.16					1	2
<b>Total</b>				1		7		10

Tabla 31. Puntos de utilización de alumbrado, circuito C1.

Se le añade el punto de alumbrado en el vestíbulo, contará con un total de 17 puntos de alumbrado más el pulsador para el timbre en el acceso.

La longitud del circuito es de 45 metros.

- Tomas de corriente general, circuito C2.

Estancia	N.º Identificación	S m <sup>2</sup>	Circuito C2	
			Tomas	
			Mínimo	Instalación
<b>Acceso</b>	1			
<b>Vestíbulo</b>	1	3.025	1	1
<b>Pasillo</b>	1	10.77	2	2
<b>Salón</b>	1	14.38	2	3
<b>Cocina</b>	1	7.16	2	2
<b>Baños</b>	1	4.475		
	2	3.69		
<b>Dormitorios</b>	1	9.16	2	2
	2	9.16	2	2
	3	9.16	2	2
<b>Total</b>				14

Tabla 32. Tomas de corriente general, circuito C2.

Se añaden dos tomas de corriente en el pasillo y una en la cocina para el extractor, cumpliendo así con los mínimos. En total contamos con 14 tomas de corriente.

La longitud del circuito es de 40 metros.

- Tomas de cocina y horno, circuito C3.

Estancia	N.º Identificación	S m <sup>2</sup>	Circuito C3	
			Tomas	
			Mínimo	Instalación
<b>Cocina</b>	1	7.16	1	1
<b>Total</b>				1

Tabla 33. Tomas de corriente de cocina y horno, circuito C3.

La cocina y el horno pasan a ser eléctricos, por lo que se añade una toma de corriente de 25A.

El circuito tiene una longitud de 8 metros.

- Lavavajillas, lavadora y termo eléctrico, circuito C4.

Estancia	N.º Identificación	S m <sup>2</sup>	Circuito C4	
			Tomas	
			Mínimo	Instalación
<b>Cocina</b>	1	7.16	3	3
<b>Baños</b>	1	4.475		
	2	3.69		
<b>Total</b>				3

Tabla 34. Tomas de corriente del lavavajillas, lavadora y termo eléctrico, circuito C4.

El calentador pasa a ser eléctrico por lo que se añade una toma de corriente para su funcionamiento y otra para el lavavajillas, cumpliendo así con los mínimos.

La longitud del circuito es de 12 metros.

- Baño y cocina, circuito C5.

Estancia	N.º Identificación	S m <sup>2</sup>	Circuito C5	
			Tomas	
			Mínimo	Instalación
<b>Cocina</b>	1	7.16	3	3
<b>Baños</b>	1	4.475	1	1
	2	3.69	1	1
<b>Total</b>				5

Tabla 35. Tomas de corriente de baño y cocina, circuito C5.

Se añaden dos tomas de corriente en la cocina para cumplir con el mínimo, por lo que contamos con un total de 5 tomas de corriente para el circuito C5.

La longitud del circuito es de 16 metros.

2. Grado de electrificación.

El grado de electrificación sigue siendo básico, ya que no sobrepasa los límites del número de tomas de corriente:

Tienen una superficie inferior a  $160m^2$ , número de tomas C1 inferior a 30, número de tomas C2 inferior a 20 y número de tomas C5 inferior a 6.

3. Obtención de la potencia de cálculo.

La potencia de cada toma se representa en la siguiente tabla:

Circuito de utilización	Número de tomas	Potencia por toma (W)
Puntos de utilización de alumbrado, circuito C1	18	200
Tomas de corriente general, circuito C2	14	3450
Tomas de cocina y horno, circuito C3	1	5400
Lavavajillas, lavadora y termo eléctrico, circuito C4	3	3450
Baño y cocina, circuito C5	5	3450

Tabla 36. Potencia en cada toma.

Para obtener la potencia de cálculo, utilizamos la siguiente fórmula:

$$P_c = n * P_a * F_s * F_u$$

Siendo:

$P_c$ : Potencia de cálculo.

$n$ : número de tomas o receptores.

$P_a$ : Potencia prevista por toma o receptor.

$F_s$ : Factor de simultaneidad.

$F_u$ : Factor de utilización.

Circuito de utilización	Número de tomas	Potencia por toma (W)	$F_s$	$F_u$	$P_c$
Puntos de utilización de alumbrado, circuito C1	18	200	0.75	0.5	1350
Tomas de corriente general, circuito C2	14	3450	0.2	0.25	2415
Tomas de cocina y horno, circuito C3	1	5400	0.5	0.75	2025
Lavavajillas, lavadora y termo eléctrico, circuito C4	3	3450	0.66	0.75	5123
Baño y cocina, circuito C5	5	3450	0.4	0.5	3450

Tabla 37. Potencia de cálculo, factor de simultaneidad y factor de utilización en cada toma en los pisos.

4. Cálculo de la intensidad de diseño de los circuitos.

$$I_B = \frac{P_c}{V * \cos\varphi}$$

$I_B$ : Intensidad de diseño.

$P_c$ : Potencia de cálculo.

$V$ : Voltaje, 230 voltios en todos los casos.

$\cos\varphi$ : Factor de potencia, 1 en todos los casos.

- Puntos de utilización de alumbrado, circuito C1.

$$I_B = \frac{1350}{230 * 1} = 5.87A$$

- Tomas de corriente general, circuito C2.

$$I_B = \frac{2415}{230 * 1} = 10.5A$$

- Tomas de cocina y horno, circuito C3.

$$I_B = \frac{2025}{230 * 1} = 8.8A$$

- Lavavajillas, lavadora y termo eléctrico, circuito C4

$$I_B = \frac{5123}{230 * 1} = 22.27A$$

- Baño y cocina, circuito C5.

$$I_B = \frac{3450}{230 * 1} = 15A$$

5. Sección de los conductores.

Para elegir correctamente la sección de los conductores, comprobamos que las secciones mínimas que aparecen en la norma cumplen el criterio térmico según el método de instalación y el criterio de caída de tensión.

**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	
	Local	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
	Local	Cable multiconductor 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 multiconductor 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 multiconductor 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				
		Cable multiconductor al aire libre Distancia al muro no inferior a 0,3 veces el diámetro del cable	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 Distancia al muro no inferior al diámetro del cable	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 Distancia entre ellos como mínimo el diámetro del cable	G	Ver UNE-HD 60364-5-52			

Tabla 38. Métodos de instalación de referencia.

En nuestro caso se trata del método A1 ya que los conductores discurren por dentro de las paredes.

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

Método de instalación de la tabla B.52-1	Número de conductores cargados y tipos de aislamiento																	
A1		PVC 3	PVC 2				XLPE 3	XLPE 2										
A2	PVC 3	PVC 2			XLPE 3	XLPE 2												
B1				PVC 3	PVC 2				XLPE 3			XLPE 2						
B2			PVC 3	PVC 2				XLPE 3	XLPE 2									
C					PVC 3				PVC 2		XLPE 3		XLPE 2					
E							PVC 3				PVC 2		XLPE 3					
F									PVC 3			PVC 2	XLPE 3					
1	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11	12	13
Sección mm <sup>2</sup>																		
Cobre																		
1,5	11	11,5	12,5	13,5	14	14,5	15,5	16	16,5	17	17,5	19	20	20	20	21	23	-
2,5	15	15,5	17	18	19	20	20	21	22	23	24	26	27	26	28	30	32	-
4	20	20	22	24	25	26	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	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	168	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	216	224	234	241	252	259	271	298	320	343
120	-	-	-	207	217	216	226	240	251	260	272	280	293	301	314	350	373	397
150	-	-	-	-	247	259	276	289	299	313	322	337	343	359	401	430	458	-
185	-	-	-	-	281	294	314	329	341	356	368	385	391	409	460	493	523	-
240	-	-	-	-	330	345	368	385	401	419	435	455	468	489	545	583	617	-

Tabla 39. Intensidades admisibles en amperios.

Con estos datos se elige la columna 4 ya que los conductores serán monofásicos y con aislante de PVC.

El porcentaje de caída de tensión se calcula con la sección mínima que señala el reglamento, siempre que cumpla con la intensidad necesaria, por lo que las secciones de los conductores son las siguientes:

- Puntos de utilización de alumbrado, circuito C1.

$$I_B = 5.87A$$

$$P_c = 1350W$$

Sección mínima de 1.5 mm<sup>2</sup> según la norma técnica.

Caída de tensión:

$$e = \frac{2 * P_c * L}{\gamma * S * V^2} * 100$$

S, es la sección del conductor en mm<sup>2</sup>.

L, la longitud del cableado, que en este caso obtenemos una longitud aproximada de 45 metros.

$\gamma$ , la resistividad del cobre a la temperatura del conductor, elegimos una temperatura de 40°C, en el peor de los casos, para la que la resistividad del cobre será de  $52m/\Omega mm^2$ .

$e$ , la caída de tensión en %, debe ser inferior al 3%.

$V$ , el voltaje de la instalación que será de 230V.

$P_c$ , potencia de cálculo.

$$e = \frac{2 * 1350 * 45}{52 * 1.5 * 230^2} * 100 = 2.9\%$$

La sección de  $1.5 mm^2$  es correcta y tendrá un diámetro de tubo de  $16mm$ .

- Tomas de corriente general, circuito C2.

$$I_B = 10.5A$$

$$P_c = 2415W$$

Elegimos la sección de  $2.5 mm^2$  que es la mínima que exige la normativa, con un diámetro de tubo de  $20mm$ .

$$e = \frac{2 * 2415 * 40}{52 * 2.5 * 230^2} * 100 = 2.8\%$$

La sección del cableado es correcta.

- Tomas de cocina y horno, circuito C3.

$$I_B = 8.8A$$

$$P_c = 2025W$$

Sección de  $6 mm^2$  que es la mínima que exige la normativa, con un diámetro de tubo de  $25mm$

$$e = \frac{2 * 2025 * 8}{52 * 6 * 230^2} * 100 = 1.28\%$$

La sección del cableado es correcta.

- Lavavajillas, lavadora y termo eléctrico, circuito C4

$$I_B = 22.27A$$

$$P_c = 5123W$$

La sección mínima según normativa es de  $4 mm^2$ , con un diámetro de tubo de  $20mm$ .

$$e = \frac{2 * 5123 * 12}{52 * 4 * 230^2} * 100 = 1.11\%$$

La sección de  $4 mm^2$  cumple los requisitos.

- Baño y cocina, circuito C5.

$$I_B = 15A$$

$$P_c = 3450W$$

Sección mínima de  $2.5 mm^2$ , con un diámetro de tubo de  $20mm$ .



$$e = \frac{2 * 3450 * 16}{52 * 2.5 * 230^2} * 100 = 1.6\%$$

La sección del conductor es correcta.

#### 6. Elección del interruptor automático.

Como todos los apartados anteriores, el interruptor automático viene elegido en la norma, por lo que lo que en la siguiente tabla se especifica que interruptor automático utilizará cada circuito:

Circuito de utilización	Interruptor automático (A)
Puntos de utilización de alumbrado, circuito C1	10
Tomas de corriente general, circuito C2	16
Tomas de cocina y horno, circuito C3	25
Lavavajillas, lavadora y termo eléctrico, circuito C4	20
Baño y cocina, circuito C5	16

Tabla 40. Interruptor automático elegido para cada circuito.

Para resumir todo lo anterior, en la siguiente tabla se muestra un resumen con todos los datos anteriores.

Circuito	Nº. tomas	Potencia por circuito (W)	Sección $mm^2$	Diámetro de tubo $mm$	Caída de tensión (%)	PIA (A)
C1	18	1350	1.5	16	2.9	10
C2	14	2415	2.5	20	2.8	16
C3	1	2025	6	25	1.28	25
C4	3	5123	4	20	1.11	20
C5	5	3450	2.5	20	1.6	16

Tabla 41. Resumen con los datos obtenidos.

- **Planta baja:**

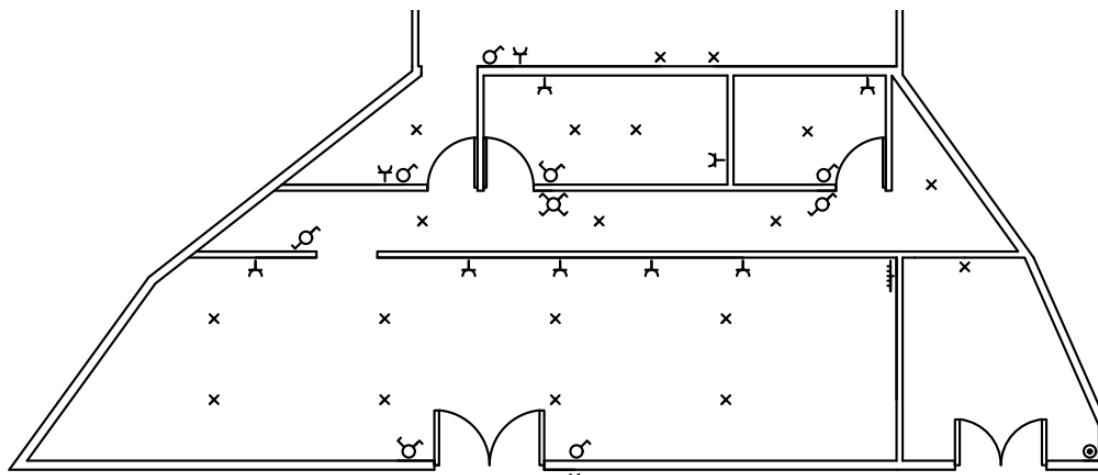


Figura 17. Esquema de la distribución de la instalación eléctrica en la planta baja.

En cuanto a la planta baja, se mantendrán los mismos circuitos ya que al ser un local diáfano no cuenta con un número mínimo de circuitos, pero se su cableado se cambiará para adaptarse correctamente a la previsión de la potencia instalada.

Cuenta con  $93.93\text{ m}^2$  repartidos en  $67.29\text{ m}^2$  para el interior y un patio de  $26.64\text{ m}^2$ , y tiene la siguiente distribución:

Estancia	N.º Identificación	Superficie (S) $\text{m}^2$
Tienda	1	41.86
Pasillo	1	13.795
Baño	1	4.475
Almacén	1	7.16
Patio	1	26.64

Tabla 42. Distribución de la superficie de la planta baja.

1. Los circuitos son:

- Puntos de utilización de alumbrado, circuito C1:

Estancia	N.º Ident.	S $\text{m}^2$	Circuito C1		
			Puls. Timbre	Puls. Simples	Puls. Conmutados
Tienda	1			3	
Pasillo	1	13.795			3
Baño	1	4.475		1	
Almacén	1	7.16		2	
Patio	1	26.64		2	
<b>Total</b>					<b>11</b>

Tabla 43. Puntos de utilización de alumbrado, circuito C1.

El circuito tiene una longitud aproximada de 55 metros.

- Tomas de corriente general, circuito C2:

Estancia	N.º Identificación	S m <sup>2</sup>	Circuito C2
			Tomas
Tienda	1		5
Pasillo	1		
Almacén	1		2
Patio	1		2
<b>Total</b>			9

Tabla 44. Tomas de corriente general, circuito C2.

El circuito tiene una longitud aproximada de 41 metros.

- Baño y cocina, circuito C5:

Estancia	N.º Identificación	S m <sup>2</sup>	Circuito C5
			Tomas
Baños	1		1
<b>Total</b>			1

Tabla 45. Tomas de corriente de baño y cocina, circuito C5.

El circuito tiene una longitud aproximada de 7 metros.

## 2. Grado de electrificación:

El grado de electrificación sigue siendo básico, ya que no sobrepasa los límites del número de tomas de corriente:

Tienen una superficie inferior a 160m<sup>2</sup>, número de tomas C1 inferior a 30, número de tomas C2 inferior a 20 y número de tomas C5 inferior a 6.

## 3. Obtención de la potencia de cálculo.

La potencia de cada toma se representa en la siguiente tabla:

Circuito de utilización	Número de tomas	Potencia por toma (W)
Puntos de utilización de alumbrado, circuito C1	11	200
Tomas de corriente general, circuito C2	9	3450
Baño y cocina, circuito C5	5	3450

Tabla 46. Potencia en cada toma.

Para obtener la potencia de cálculo, utilizamos la siguiente fórmula:

$$P_c = n * P_a * F_s * F_u$$

Siendo:

$P_c$ : Potencia de cálculo.

$n$ : número de tomas o receptores.

$P_a$ : Potencia prevista por toma o receptor.

$F_s$ : Factor de simultaneidad.

$F_u$ : Factor de utilización.

Circuito de utilización	Número de tomas	Potencia por toma (W)	$F_s$	$F_u$	$P_c$
Puntos de utilización de alumbrado, circuito C1	11	200	0.75	0.5	825
Tomas de corriente general, circuito C2	9	3450	0.2	0.25	1552.5
Baño y cocina, circuito C5	1	3450	0.4	0.5	690

Tabla 47. Potencia de cálculo, factor de simultaneidad y factor de utilización en cada toma en la planta baja.

#### 4. Cálculo de la intensidad de diseño de los circuitos.

$$I_B = \frac{P_c}{V * \cos\varphi}$$

$I_B$ : Intensidad de diseño.

$P_c$ : Potencia de cálculo.

$V$ : Voltaje, 230 voltios en todos los casos.

$\cos\varphi$ : Factor de potencia, 1 en todos los casos.

- Puntos de utilización de alumbrado, circuito C1.

$$I_B = \frac{825}{230 * 1} = 3.58A$$

- Tomas de corriente general, circuito C2.

$$I_B = \frac{1552.5}{230 * 1} = 6.75A$$

- Baño y cocina, circuito C5.

$$I_B = \frac{690}{230 * 1} = 3A$$

5. Sección de los conductores.

Para elegir correctamente la sección de los conductores, comprobamos que las secciones mínimas que aparecen en la norma cumplen el criterio térmico según el método de instalación y el criterio de caída de tensión.

Se utiliza también el método de instalación A1 columna 4.

- Puntos de utilización de alumbrado, circuito C1.

$$I_B = 3.58A$$

$$P_C = 825W$$

Sección mínima de  $1.5 \text{ mm}^2$  según la norma técnica.

Caída de tensión:

$$e = \frac{2 * P_C * L}{\gamma * S * V^2} * 100$$

S, es la sección del conductor en  $\text{mm}^2$ .

L, la longitud del cableado, que en este caso obtenemos una longitud aproximada de 45 metros.

$\gamma$ , la resistividad del cobre a la temperatura del conductor, elegimos una temperatura de  $40^\circ\text{C}$ , en el peor de los casos, para la que la resistividad del cobre será de  $52 \text{ m}/\Omega\text{mm}^2$ .

e, la caída de tensión en %.

V, el voltaje de la instalación que será de 230V.

$P_C$ , potencia de cálculo.

$$e = \frac{2 * 825 * 55}{52 * 1.5 * 230^2} * 100 = 2.19\%$$

La sección de  $1.5 \text{ mm}^2$  es correcta y tendrá un diámetro de tubo de  $16 \text{ mm}$ .

- Tomas de corriente general, circuito C2.

$$I_B = 6.75A$$

$$P_C = 1552.5W$$

Elegimos la sección de  $2.5 \text{ mm}^2$  que es la mínima que exige la normativa, con un diámetro de tubo de  $20 \text{ mm}$ .

$$e = \frac{2 * 1552.5 * 41}{52 * 2.5 * 230^2} * 100 = 1.85\%$$

La sección del cableado es correcta.

- Baño y cocina, circuito C5.

$$I_B = 3A$$

$$P_C = 690W$$

Sección mínima de  $2.5 \text{ mm}^2$ , con un diámetro de tubo de  $20 \text{ mm}$ .

$$e = \frac{2 * 690 * 7}{52 * 2.5 * 230^2} * 100 = 0.14\%$$

La sección del conductor es correcta.

#### 6. Elección del interruptor automático.

Como todos los apartados anteriores, el interruptor automático viene elegido en la norma, por lo que lo que en la siguiente tabla se especifica que interruptor automático utilizará cada circuito:

Circuito de utilización	Interruptor automático (A)
Puntos de utilización de alumbrado, circuito C1	10
Tomas de corriente general, circuito C2	16
Baño y cocina, circuito C5	16

Tabla 48. Interruptor automático utilizado para cada circuito.

Para resumir todo lo anterior, en la siguiente tabla se muestra un resumen con todos los datos anteriores.

Circuito	Nº. tomas	Potencia por circuito (W)	Sección $mm^2$	Diámetro de tubo $mm$	Caída de tensión (%)	PIA (A)
C1	11	825	1.5	16	2.19	10
C2	9	1552.5	2.5	20	1.85	16
C5	1	690	2.5	20	0.14	16

Tabla 49. Resumen de todos los datos obtenidos.

A parte de estos datos, se debe tener en cuenta que los pulsadores, lámparas y tomas de corriente utilizadas en el patio deben ser adecuadas para su uso a la intemperie.

- **Escalera y portal:**

En este caso la escalera y el portal contarán con un circuito C1 de iluminación y videoportero con un total de 5 puntos de utilización.

Circuito de utilización	Número de tomas	Potencia por toma (W)	<i>F<sub>s</sub></i>	<i>F<sub>u</sub></i>	<i>P<sub>c</sub></i>
Puntos de utilización de alumbrado, circuito C1	5	200	0.75	0.5	375

Tabla 50. Potencia de cálculo, factor de simultaneidad y factor de utilización en cada toma en la escalera y portal.

Puntos de utilización de alumbrado, circuito C1.

$$I_B = \frac{375}{230 * 1} = 1.6A$$

Caída de tensión:

$$e = \frac{2 * 375 * 5}{52 * 1.5 * 230^2} * 100 = 0.09\%$$

Circuito	Nº. tomas	Potencia por circuito (W)	Sección mm <sup>2</sup>	Diámetro de tubo mm	Caída de tensión (%)	PIA (A)
C1	5	375	1.5	16	0.09	10

Tabla 51. Resumen de los datos obtenidos.

## 17. Puesta a tierra

Una vez actualizada la instalación eléctrica del edificio y, por último, se renovará también la puesta a tierra de toda la parte de corriente alterna del edificio. Esta debe estar separada y ser independiente de la toma a tierra de la parte de continua y deben estar conectadas a ella todos los elementos metálicos de la parte de corriente alterna, como son los envolventes de los cuadros eléctricos, el inversor, etc.

Disponemos para esta aplicación con un interruptor diferencial general con una sensibilidad de 30 mA y otro también de 30 mA para el tramo de corriente alterna de la instalación fotovoltaica. Siguiendo el ITC-BT-18, no se pueden producir tensiones de contacto mayores de 24V, por lo tanto, la resistencia a tierra máxima (*R<sub>t</sub> máx*) es:

$$R_t \text{ máx} = \frac{V}{I} = \frac{24}{0.03} = 800\Omega$$

Se utilizarán como en el caso de corriente continua, 3 picas comuna longitud de 4 metros cada una y el terreno cuenta comuna resistividad de 300 Ω/m, por lo que la resistencia de puesta a tierra será:

$$R_t = \frac{\rho}{n * L} = \frac{300}{3 * 4} = 25\Omega$$

Con este resultado, se cumple la condición de que  $R_t \leq R_t \text{ máx.}$

## 18. Conclusión

### 18.1. Conclusiones del proyecto

En este trabajo se ha realizado el diseño de una instalación solar fotovoltaica, eligiendo el tipo de paneles y su mejor distribución en la azotea de un edificio, al mismo tiempo que se ha actualizado la instalación eléctrica del edificio debido a su antigüedad.

Con este proyecto, se ha buscado reducir el coste económico del consumo eléctrico del edificio, así como aumentar el uso de energías renovables y disminuir el impacto que este inmueble tiene en el medio ambiente utilizando el sistema de autoconsumo con compensación por excedentes, ya que era el más adecuado para este tipo de instalaciones en el que el espacio es reducido y una instalación aislada de la red es inviable.

A partir de los diferentes tipos paneles solares, se ha elegido los paneles policristalinos, que, aunque tenían una relación potencia precio similar a los monocristalinos, estos se integraban mejor en la azotea.

El resultado ha sido una instalación de 24 paneles solares fotovoltaicos monocristalinos con una potencia total instalada de  $8160Wp$ , con un coste muy elevado para este tipo de instalación debido a la complejidad de la distribución de los paneles, debiendo estos situarse a diferentes alturas para evitar que produzcan sombras unos sobre otros.

Respecto a la instalación eléctrica del edificio, se ha actualizado la instalación diseñando de nuevo los diferentes circuitos de las viviendas y del local comercial y añadiendo lo necesario para que se cumpliera el reglamento.

Ambos diseños conllevan una remodelación del sistema eléctrico, haciendo así un edificio más moderno y con menos impacto ambiental gracias al uso de energía renovable.

### 18.2. Conclusiones personales

La realización de este Trabajo Final de Grado me ha permitido conocer muchos aspectos que debe considerar un ingeniero a la hora de realizar un proyecto, y en especial a reforzar mis conocimientos sobre la energía fotovoltaica. También me ha ayudado a conocer aspectos sobre las instalaciones eléctricas en viviendas, tema que no dominaba y que ha sido lo más costoso para mí.

Este TFG, me ha servido para evolucionar y mejorar mi forma de redactar, permitiéndome utilizar un estilo más adecuado para proyectos de ingeniería y me ha ayudado a la hora de tomar decisiones siempre enfocadas en el correcto funcionamiento de la instalación.

En conclusión, este TFG me ha permitido tener una visión útil del mundo laboral que me espera como ingeniero.



## BIBLIOGRAFIA

(punto 1)

<http://diccionario.raing.es/es/lema/combustible-f%C3%B3sil>

<https://www.nationalgeographic.com/environment/energy/reference/fossil-fuels/>

<https://www.investigacionyciencia.es/revistas/investigacion-y-ciencia/la-unificacion-de-las-fuerzas-554/el-motor-de-combustion-interna-9302>

<https://mihistoriauniversal.com/edad-contemporanea/revolucion-industrial>

<https://enciclopediadehistoria.com/segunda-revolucion-industrial/>

<https://www.un.org/es/chronicle/article/el-papel-de-los-combustibles-fosiles-en-un-sistema-energetico-sostenible>

[https://www.wwf.es/nuestro\\_trabajo/clima\\_y\\_energia/cumbres\\_del\\_clima/](https://www.wwf.es/nuestro_trabajo/clima_y_energia/cumbres_del_clima/)

[https://www.cope.es/actualidad/internacional/noticias/que-una-cumbre-del-clima-explicamos-claves-20191102\\_541451](https://www.cope.es/actualidad/internacional/noticias/que-una-cumbre-del-clima-explicamos-claves-20191102_541451)

<https://www.europarl.europa.eu/factsheets/es/sheet/72/la-lucha-contra-el-cambio-climatico>

[https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/legislacion/documentacion/est\\_cc\\_energ\\_limp\\_tcm30-178762.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/legislacion/documentacion/est_cc_energ_limp_tcm30-178762.pdf)

<https://www.ambientum.com/ambientum/energia/renovables-alcanzan-el-436-de-la-generacion-en-2020.asp>

(punto 3)

<https://www.planete-energies.com/en/medias/close/how-does-photovoltaic-cell-work>

<https://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2002/solarcells/>

<https://atersa.shop/como-funciona-una-celula-fotovoltaica/>

<https://www.sfe-solar.com/paneles-solares/tipos/>

(punto 4)

<https://energia.gob.es/electricidad/autoconsumo-electrico/Paginas/autoconsumo.aspx>

(punto 5)

<https://www.mpptsolar.com/es/orientacion-inclinacion-paneles-solares.html>

[https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/orientacion-e-inclinacion-de-las-placas-solares\\_1](https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/orientacion-e-inclinacion-de-las-placas-solares_1)

(punto 6)

<https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis>

(punto 10)

<https://www.esios.ree.es/es>

<https://www.solucionesintegralesendesa.com/solar-fotovoltaica>

<https://endef.com/instalacion-paneles-solares-comunidad-vecinos/>

<https://re-magazine.saunierduval.es/2019-04-16/energia-fotovoltaica-compartida#>

<https://suelosolar.com/noticias/autoconsumo/espana/28-12-2015/instalaciones-autoconsumo-compartidas>

(punto 12)

<https://ecofener.com/blog/cuales-son-los-efectos-de-la-sombra-en-un-panel-solar-fotovoltaico/>

<https://www.grupoelektra.es/blog/nota-tecnica-diodos-bypass-y-de-bloque-en-paneles-fotovoltaicos/>

<https://www.trace-software.com/es/los-efectos-de-los-sombreados-solares-en-el-rendimiento-de-los-paneles-fotovoltaicos/>

(punto 13)

<https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/calculo-seccion-de-cable-para-paneles-solares/>

<https://solarmat.es/es/contadores-autoconsumo/contador-autoconsumo-rd900-2015-iberdrola-monofasico.html>

<https://tecnosolab.com/producto/autoconsumo-conexion-a-red/otros-materiales-autoconsumo/smart-meter-fronius-63A1>

<https://autosolar.es/inversores-de-red-trifasicos/inversor-red-fronius-symo-10-3-m-10kw#specification>

<https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/puesta-a-tierra-de-instalaciones-con-placas-solares/>

<https://www.ambgreenpower.com/producto/cuadro-2-strings-stc2-25a-accac0004/>

<http://roble.pntic.mec.es/adog0009/4.html>

<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0057801>

<https://www.topcable.com/low-voltage-cables/solar-cables/topsolar-pv-zz-f-h1z2z2-k/>

(punto 15)

<https://selectra.es/autoconsumo/info/instalacion>

<https://www.monsolar.com/kit-solar-autoconsumo-fronius-8-8kw.html>

(punto 16)

<https://www.aprendeelectricidad.com/esquemas-electricos/>

[https://www.certalia.com/blog/normativa-instalaciones-electricas-viviendas#Distribucion\\_electrica](https://www.certalia.com/blog/normativa-instalaciones-electricas-viviendas#Distribucion_electrica)

# ESTUDIO ECONÓMICO

( Documento II )

## 1. Introducción

En el presente documento se detallará el desglose del presupuesto sin amortizaciones del proyecto expuesto. Se encuentra dividido en las diferentes partidas a seguir como el material fotovoltaico, el cableado y las protecciones y por último la mano de obra. Cada partida muestra los diferentes materiales necesarios para el proyecto junto con el coste en cada caso.

Por último, se muestra un estudio de comparación del coste del Watio pico de la instalación con el valor típico para instalaciones del mismo tipo, así como un estudio de la evolución del coste analizando la rentabilidad.

## 2. Presupuesto

A continuación, se expondrán los costes de la instalación dividido en diferentes partidas mencionadas anteriormente.

### 2.1. Coste del material fotovoltaico

Los costes de los materiales utilizados para el desarrollo del proyecto en la parte fotovoltaica quedan reflejados en la siguiente tabla.

Referencia	Uds	Denominación	Fabricante	Cantidad	Precio (€)	Total
F1	u	Placa solar	ERA Solar	24	154.86	3,716.64
F2	u	Anclaje de suelo		8	90.00	720.00
F3	u	Anclaje en poste		16	298.53	4,776.48
F4	u	Tornillería acero inoxidable A2-70	RS Component	110	0.92	101.20
F5	u	Inversor Fronius SYMO 10.0-3-M	Fronius	1	2,486.85	2,486.85
F6	u	Caja de conexiones	AMB GreenPower	1	228.00	228.00
<b>SUBTOTAL MATERIAL FOTOVOLTAICO</b>						<b>12,029.17</b>

<b>SUBTOTAL FOTOVOLTAICO</b>
<b>12,029.17 €</b>

El coste de la partida del material fotovoltaico es de DOCE MIL VEITINUEVE EUROS CON DIECISIETE CÉNTIMOS.

### 2.2. Coste del cableado y las protecciones

A continuación, se muestran los costos del material necesario para el cableado, así como para la protección empleada para el desarrollo del proyecto.

<b>MATERIALES CABLEADO</b>						
Referencia	Uds	Denominación	Fabricante	Cantidad	Precio (€)	Total
C1	m	Cable RV-K 0.6/1 kV Sección 16 mm <sup>2</sup>	Reviflex	95	2.05	194.75
C2	m	Cable RV-K 0.6/1 kV Sección 2.5 mm <sup>2</sup>	Reviflex	1.2	1.36	1.63
C3	m	Canalizaciones eléctricas	MasterLed	20	3.87	77.40
<b>SUBTOTAL MATERIAL CABLEADO</b>						<b>273.78</b>

<b>MATERIALES PROTECCIÓN</b>						
Referencia	Uds	Denominación	Fabricante	Cantidad	Precio	Total
P1	u	Interruptor automático magnetotérmico	RS Components	1	23.79	23.79
P2	u	Interruptor diferencial	RS Components	1	182.43	182.43
P3	u	Contador bidireccional	RS Components	1	118.00	118.00
P4	u	Contador de generación de energía	TME	1	175.00	175.00
<b>SUBTOTAL MATERIAL PROTECCIÓN</b>						<b>499.22</b>

SUBTOTAL CABLEADO	SUBTOTAL PROTECCIÓN
<b>273.78 €</b>	<b>499.22 €</b>

El coste de la partida del cableado es de DOSCIENTOS SETENTA Y TRES EUROS CON SETENTA Y OCHO CÉNTIMOS.

El coste de la partida de las protecciones es de CUATROCIENTOS NOVENTA Y NUEVE EUROS CON VEINTIDOS CÉNTIMOS.

### 2.3. Coste mano de obra

A continuación, se muestra el coste de la mano de obra empleada para la instalación del proyecto a llevar a cabo.

Referencia	Uds	Denominación	Cantidad	Precio (€)	Total
O1	h	Operario	120	18.00	2,160.00
<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>					<b>2,160.00</b>

SUBTOTAL MANO DE OBRA
<b>2,160.00 €</b>

El coste de la partida de la mano de obra es de DOS MIL CIENTO SESENTA EUROS.

### 2.4. Resumen del presupuesto

<b>RESUMEN</b>	
<b>Materiales fotovoltaicos</b>	12,029.17 €
<b>Materiales cableado</b>	273.78 €
<b>Materiales protección</b>	499.22 €
<b>Mano de obra</b>	2,160.00 €

<b>PRECIO FINAL</b>	<b>14,962.17 €</b>
---------------------	--------------------

El coste total del proyecto es de la expresada cifra de CATORCE MIL NOVECIENTOS SESENTA Y DOS EUROS CON DIECISIETE CÉNTIMOS.

# PLIEGO DE CONDICIONES

( Documento III )

## 1. Definición y alcance del pliego

El objetivo del presente documento es establecer las condiciones a cumplir y considerar entre los contratantes durante la realización de este Trabajo Fin de Grado: Diseño de la instalación eléctrica de un edificio y de una instalación fotovoltaica para suministro a un edificio de viviendas y un local comercial.

En este documento se pretende fijar las condiciones técnicas mínimas que deben cumplimentar las instalaciones fotovoltaicas aisladas de la red. Así mismo se fijarán condiciones para la empresa instaladora, componentes del sistema, pérdidas locales en cada punto de la instalación y mantenimiento de la misma.

Se garantiza un correcto funcionamiento de la instalación, un buen aprovechamiento energético y una buena calidad de suministro durante la vida útil de la instalación fotovoltaica.

El ámbito de aplicación de este documento se extiende a todos los equipos mecánicos, eléctricos y electrónicos que forman parte de este proyecto.

## 2. Condiciones generales y normativa

Se considerará el acuerdo de todo lo estipulado en el contrato una vez éste haya sido firmado por ambas partes.

El cliente obtendrá una garantía de 1 año tras recibir los equipos. Ésta incluye el reemplazo del elemento defectuoso si lo hubiera, sin coste alguno. La garantía no incluirá desperfectos o averías por el uso indebido del equipo o por ser tratado por personal no autorizado.

El contratista tiene la obligación de proporcionar toda la información que sea necesaria para una correcta instalación la cual debe ser llevada a cabo únicamente por personal capacitado.

Una vez instalado, se realizarán todas las pruebas necesarias bajo la supervisión de un agente del contratista para asegurarse que el conjunto trabaja de forma adecuada y sin problemas.

Los materiales y equipos usados en este proyecto deberán estar en perfectas condiciones y cumplir con la normativa vigente, cumpliendo así con el grado de protección y seguridad del REBT (Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión) y los pliegos de condiciones de las instalaciones fotovoltaicas aisladas de la red del IDAE.

Todos los elementos que se encuentren en el interior deben cumplir con un grado mínimo de protección IP2, mientras que los elementos situados en el exterior aislados contra humedades, radiaciones y temperaturas contarán con un grado de protección mínimo IP65.

La instalación al completo cuenta con protecciones contra cortocircuitos, sobreintensidades y sobrecargas.

Para garantizar la seguridad de la instalación, del equipo y personal, este proyecto cumple con la normativa expuesta en el *Real Decreto*, siendo la normativa que intervine la siguiente:

- RD 900/2015, de 9 de octubre.
- RD 1110/2007, de 24 de agosto.

- RD Ley 15/2012, de 27 de diciembre.
- RD 235/2013, de 5 de abril.
- RD 413/2013, de 12 de julio.
- RD 842/2002, de agosto.

## 2.1. Módulos fotovoltaicos

Las placas utilizadas en este proyecto están regularizadas por las normativas UNE-EN 61215 y UNE-EN IEC 61730 cumpliendo así con todas las especificaciones referentes a módulos fotovoltaicos de silicio cristalino.

Para la identificación individual de la placa, cada una cuenta con el nombre de fabricante y su modelo a simple vista. Cada módulo, además, cuenta con diodos de derivación y cumplen con el grado de protección IP65.

Las estructuras y marcos metálicos de las placas se encuentran conectados a tierra ya que se trata de una instalación cuya tensión nominal en corriente continua es superior a 48V.

Todos los módulos cumplen con la normativa vigente que se nombra a continuación: ISO 9001, ISO 14001, ISO 18001, IEC 61701, PV CYCLE y MSC.

Las características de las placas son las siguientes:

<b>Módulo fotovoltaico policristalino</b>	
Potencia de pico	340 W
Voltaje a máxima potencia	38.5 V
Intensidad a máxima potencia	8.84 A
Voltaje de circuito abierto	46.4 V
Intensidad de cortocircuito	9.45 A
Eficiencia del módulo	0.175
Clase de protección contra fuegos	Clase C
Rango de temperaturas de operabilidad	-40°C ... +85°C
Dimensiones ( L x W x H )	1956 x 992 x 40 mm
Peso	20.9 kg

## 2.2. Soportes

Los soportes se encontrarán orientados hacia el Sur geográfico con una inclinación de 50°. Además, serán distribuidos manteniendo una distancia entre filas de 4.5m para facilitar las labores de mantenimiento y evitar que se hagan sombra unos a otros.

Las estructuras de soportes tienen las siguientes características:

<b>Estructura soporte</b>	
Inclinación	0° ... 15°
Dimensiones	1650/2000 x 1000 mm
Capacidad de módulos	2
Resistencia viento	100 km/h
Material	Perfilería de aluminio EN AW 6005A T6 Pilares de acero inoxidable A2-70



### 2.3. Inversores

Los inversores se encuentran protegidos ante sobretensiones de entrada, desconexiones de las baterías, cortocircuitos en la salida del inversor a los elementos de consumo de corriente alterna y sobrecargas por encima del máximo establecido.

Además, van etiquetados con su potencia nominal, su tensión nominal de entrada, las tensiones y frecuencias nominales de salida, un logo y el nombre del fabricante, sus números de serie y la polaridad y terminales.

Todos los inversores se encuentran regularizados bajo la normativa vigente que se nombra a continuación: ISO 9001, ISO 14001, ISO 18001.

<b>Inversor Fronius SYMO 10.0-3-M</b>	
Potencia nominal	10000 W
Rango de tensión de entrada (DC)	200 - 1000 V
Dimensiones (alt. × anch. × prof.)	725 × 510 × 225 mm
Peso	34.8 kg
Grado de protección	IP 66
Factor de potencia	0 - 1 ind. / cap.

### 2.4. Cableado

El cableado de la instalación cumple con la normativa vigente establecida por el REBT y se ha diseñado en base a dichas normativas.

Los cables expuestos a la intemperie se encuentran protegidos por un aislamiento de XLPE (polietileno reticulado). Los positivos y negativos de los cables utilizados en los tramos de corriente continua están separados, protegidos y etiquetados con su longitud y secciones.

### 2.5. Protecciones y puesta a tierra

Las protecciones han sido diseñadas cumpliendo que el tramo de corriente continua de las placas a los reguladores quede protegido por fusibles que se encargarán de proteger los elementos frente a sobreintensidades y cortocircuitos. El diseño de los fusibles cumple con las normativas IEC 60269-1 y 2.

Por otro lado, el tramo de corriente alterna se encuentra protegido por interruptores magnetotérmicos e interruptores diferenciales encargados de proteger frente a sobreintensidades, cortocircuitos y contactos directos e indirectos.

Los interruptores magnetotérmicos cumplen con las normativas EN/IEC 60898-1 y cuentan con los certificados CE & RoSH.

Los interruptores diferenciales se han diseñado cumpliendo con las normativas UNE-EN 60898-1 y cuenta con el certificado RoSH.

## 3. Especificaciones de ejecución

Para garantizar el correcto funcionamiento de la instalación, se tiene que seguir una serie de pasos al instalar los elementos:

- Se deberá tener en cuenta las normas de seguridad al instalar los elementos.

Una vez se hayan cumplido dichas normas, se seguirá al montaje por el siguiente orden:

- Montaje de los soportes solares.
- Instalación de los receptores solares.
- Montaje de las baterías.
- Incorporación de reguladores.
- Instalación de inversores.
- Instalación de protecciones.

Una vez instalados y cableados todos los elementos, se realizarán las pruebas pertinentes para garantizar que la instalación no cuenta con algún fallo o elemento defectuoso.

El responsable de obra será el encargado de firmar el parte de trabajo como garantía de una buena instalación y funcionamiento.

#### 4. Mantenimiento

Será necesario realizar un mantenimiento preventivo con el transcurso del tiempo con el fin de garantizar que los elementos no se encuentren deteriorados provocando un mal funcionamiento.

Anualmente, la empresa instaladora deberá realizar mediciones y verificaciones para certificar que las características de los elementos no se han visto deterioradas y que, por lo tanto, están dentro de los márgenes que los garantiza el fabricante.

En caso de que algún componente no funcione correctamente se reparará de manera inmediata. En caso de no poder ser reparado se repondrá por uno nuevo.

Se requiere de un mantenimiento especial a los 15 y a los 30 años puesto que las instalaciones tienen una vida útil de 42 años aproximadamente en condiciones normales por lo que se cambiarán en cada uno de estos mantenimientos las baterías, los inversores y los reguladores. Además, se deberá de volver a realizar la instalación completa, así como un nuevo estudio económico debido a la variación del precio de los materiales y kW/h.

#### 5. Condiciones de carácter económico

El precio indicado en este proyecto es fijo y no hay lugar a negociación alguna respecto al precio.

El pago se realizará en dos partes:

1. Se abonará el 75% al firmar el contrato.
2. Se abonará el 25% al recibir todos los equipos

En caso de incumplimiento con los pagos dentro de los plazos establecidos, se aplicará un cargo de 10% del precio total al cliente.

Si no se ha realizado la entrega de los equipos en el plazo acordado, el cliente tendrá derecho a una compensación.

El pago se realizará mediante cheque o transferencia a la entidad bancaria indicada.

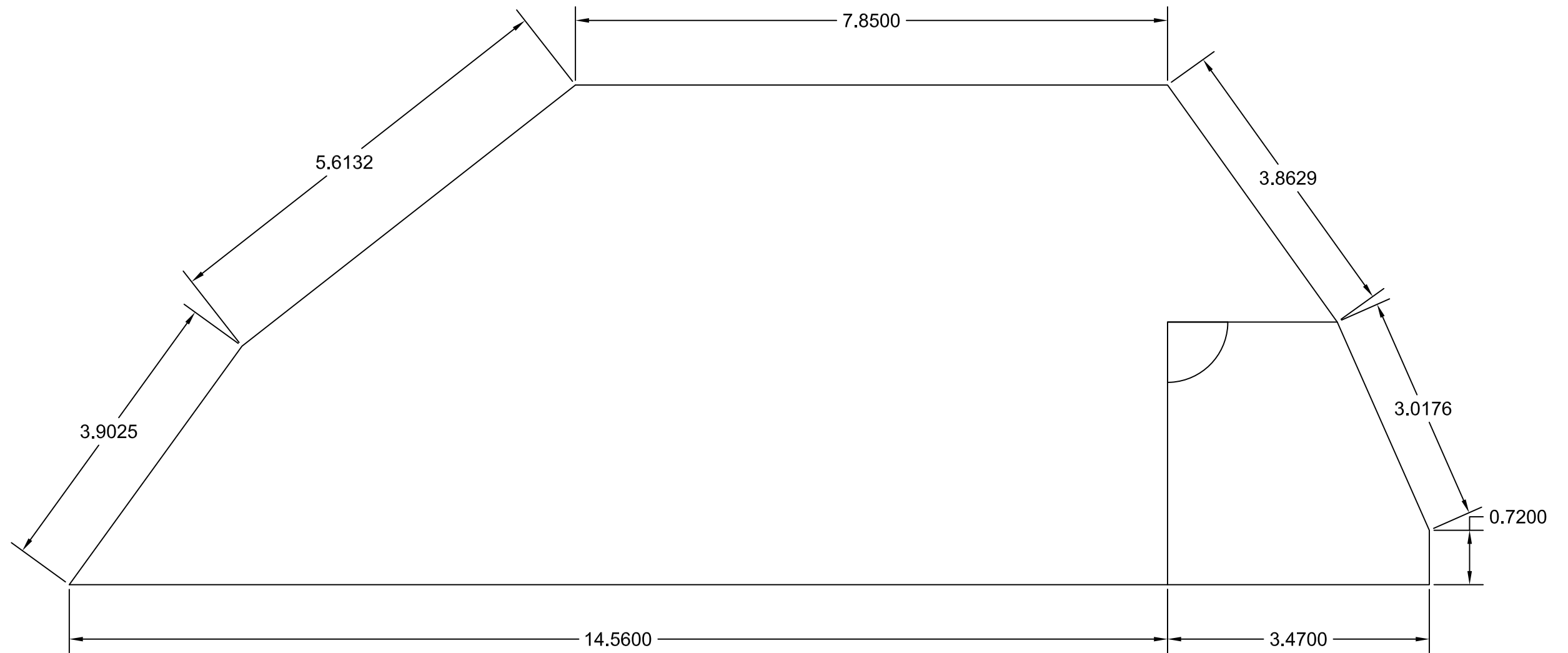
Una vez transcurrido el tiempo de garantía, cualquier consulta supondrá un coste al cliente correspondiente al número de horas empleadas.


## 6. Solvencia












El presente proyecto será solvente si se sigue al pie de la letra las especificaciones de ejecución y su correspondiente mantenimiento. Además, se mantendrá la garantía siempre y cuando no se realicen modificaciones en la instalación original por personal no autorizado.

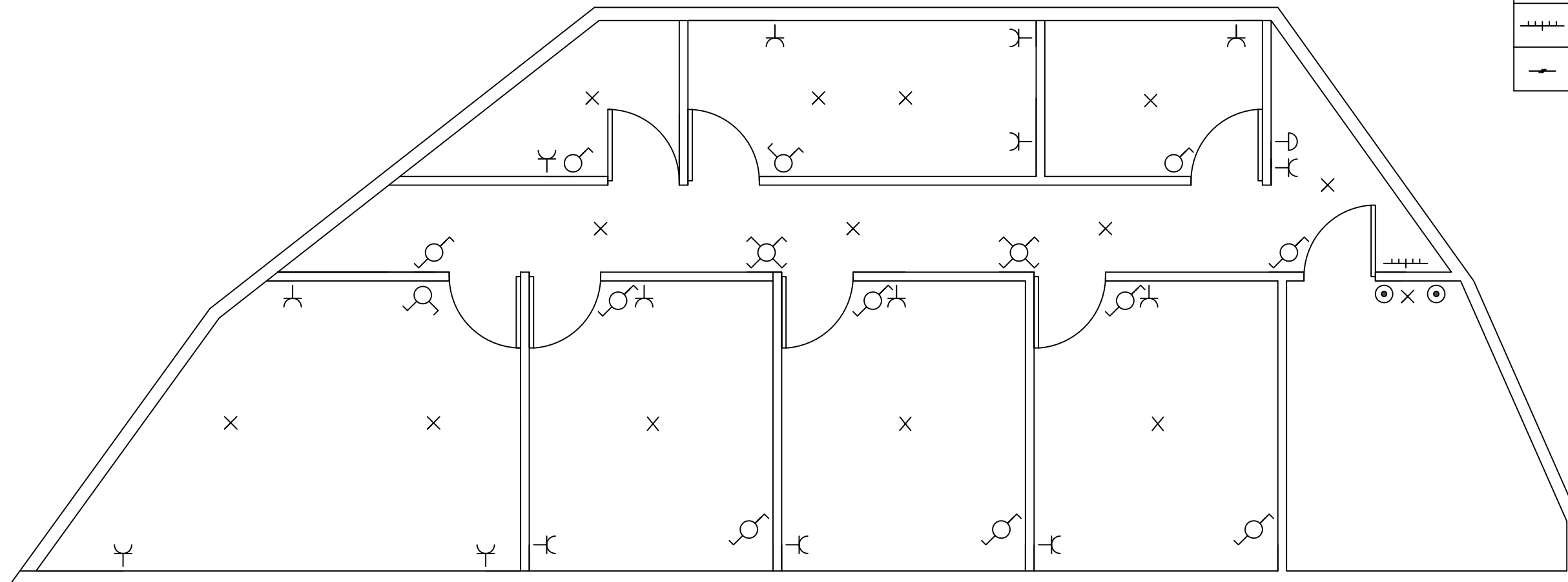
# PLANOS


( Documento IV )














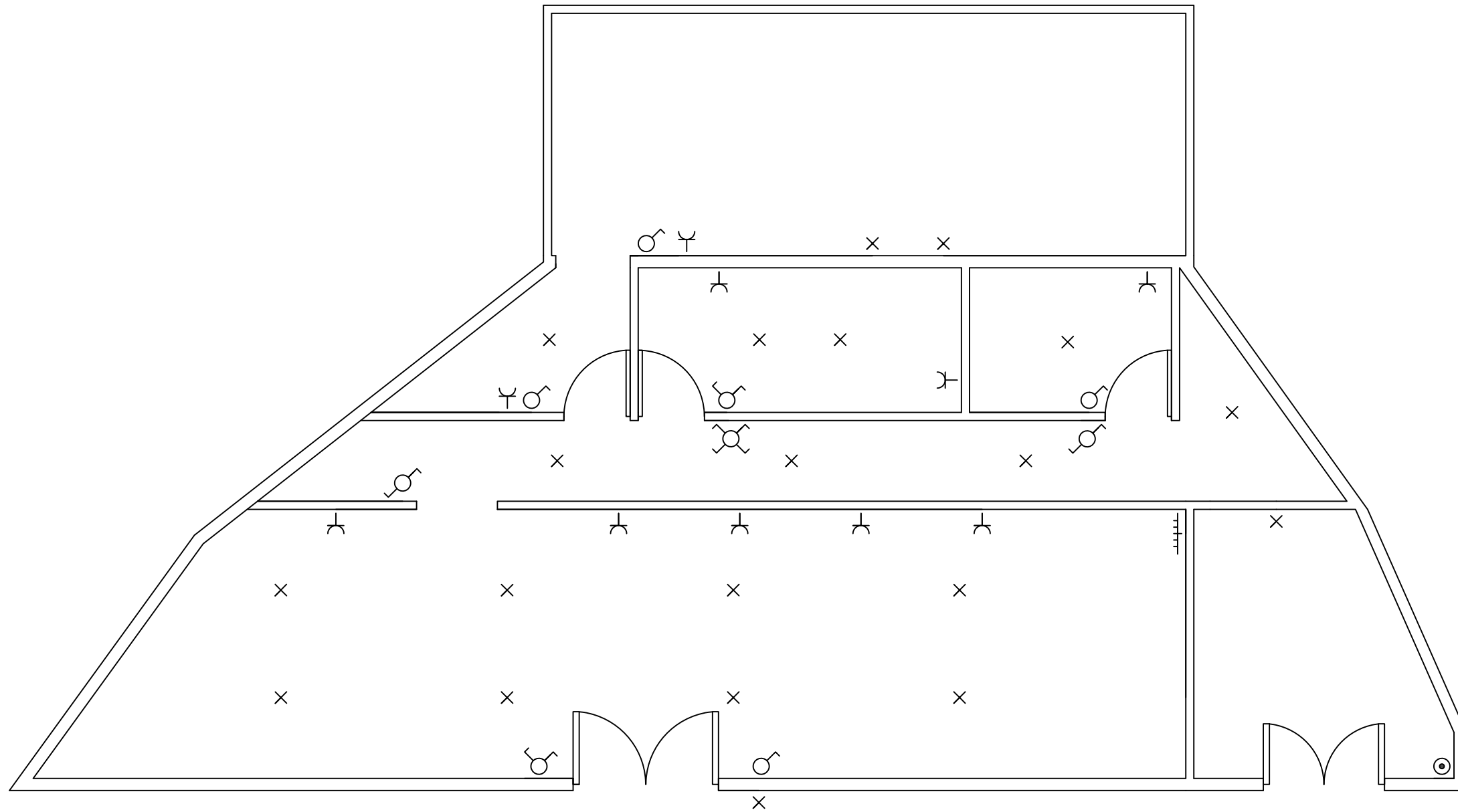
 E.T.S. de Ingeniería del Diseño	<b>Azotea</b>		m
	Diseño de la instalación eléctrica de un edificio y de una instalación fotovoltaica para suministro a un edificio de viviendas y un local comercial		Fecha: 14/08/2021
Nombre: <b>Rafael Leal Benlloch</b>			Plano N° <b>01</b>

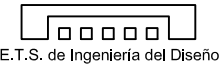
	Interruptor
	Lámpara
	Conmutador
	Interruptor doble
	Conmutador de cruzamiento
	Toma de corriente bipolar 25 A con toma a tierra
	Timbre
	Toma de corriente bipolar 16 A con toma a tierra
	Pulsador
	Cuadro general de mando y protección
	Conductor de tres hilos

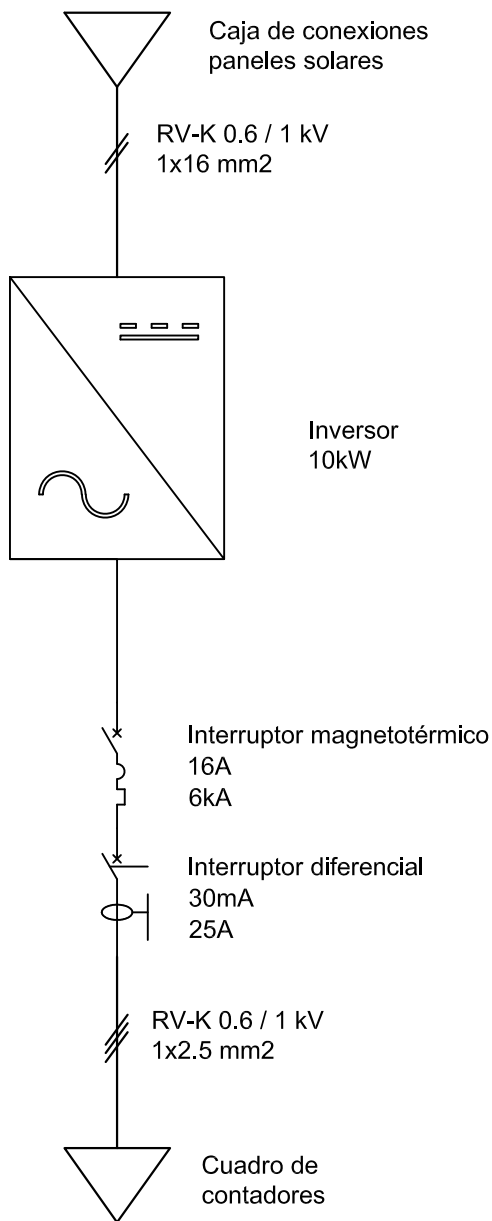


 E.T.S. de Ingeniería del Diseño	<b>Distribución de circuitos y mecanismos pisos</b>	Fecha: 14/08/2021
	Diseño de la instalación eléctrica de un edificio y de una instalación fotovoltaica para suministro a un edificio de viviendas y un local comercial	Nombre: <b>Rafael Leal Benlloch</b>

	Interruptor
	Lámpara
	Conmutador
	Interruptor doble
	Conmutador de cruzamiento
	Toma de corriente bipolar 25 A con toma a tierra
	Timbre
	Toma de corriente bipolar 16 A con toma a tierra
	Pulsador
	Cuadro general de mando y protección
	Conductor de tres hilos



 E.T.S. de Ingeniería del Diseño	<b>Distribución de circuitos y mecanismos planta baja</b>		Fecha: 14/08/2021
	Diseño de la instalación eléctrica de un edificio y de una instalación fotovoltaica para suministro a un edificio de viviendas y un local comercial	Nombre: <b>Rafael Leal Benlloch</b>	Plano N° <b>03</b>



## Conexiones con el edificio

Fecha:  
14/08/2021

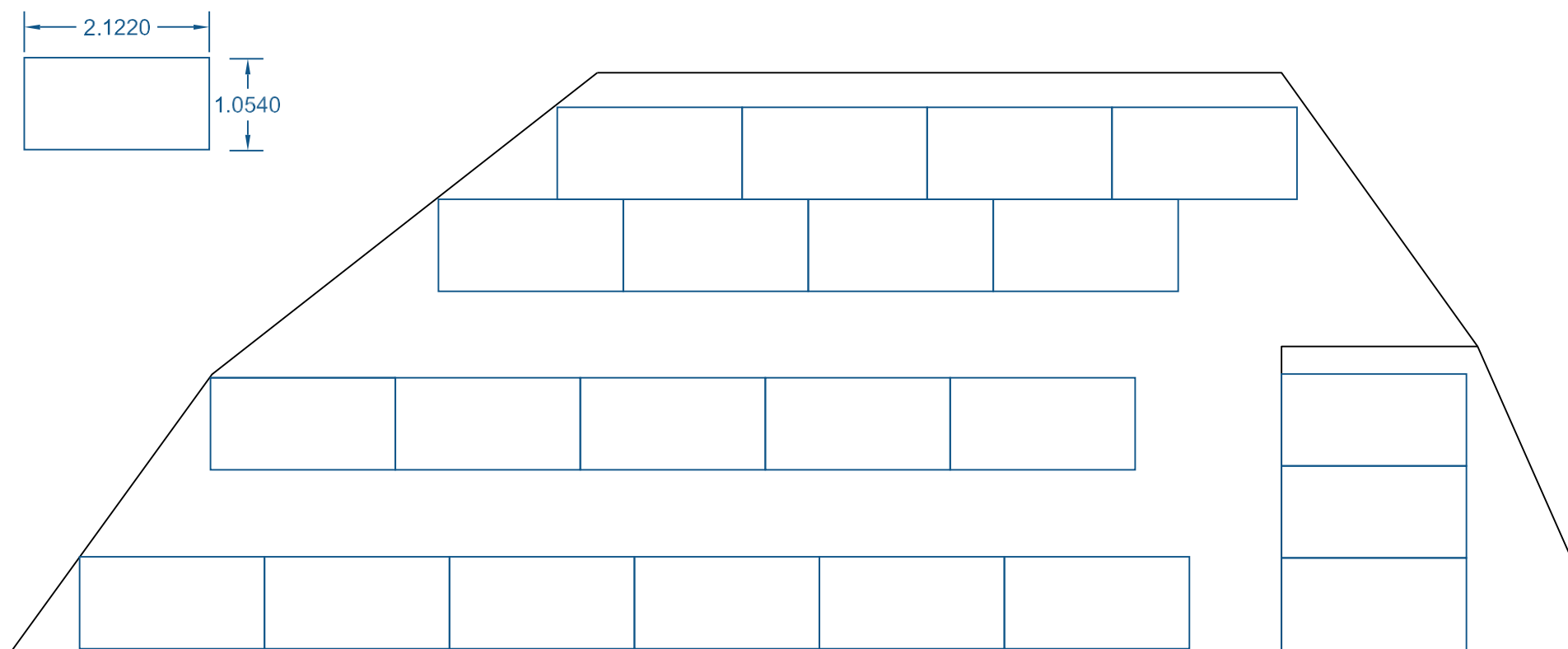
  
E.T.S. de Ingeniería del Diseño


Diseño de la instalación eléctrica de un edificio y de una instalación fotovoltaica para suministro a un edificio de viviendas y un local comercial

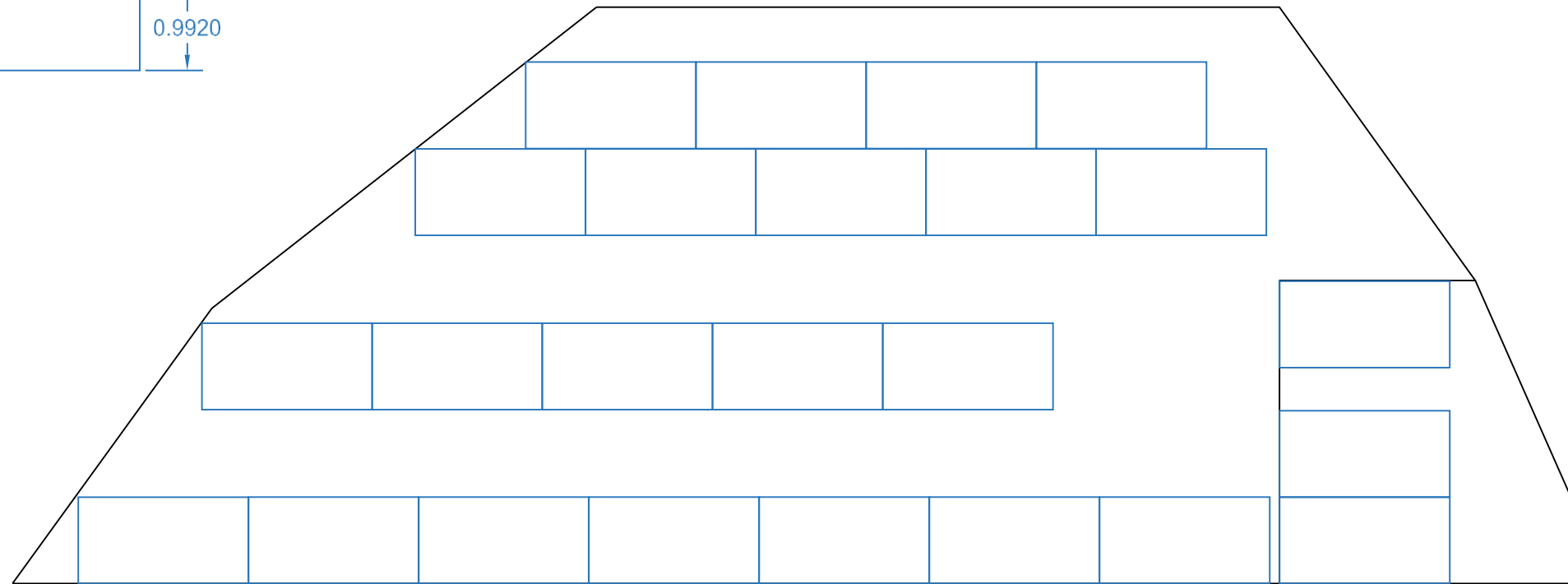
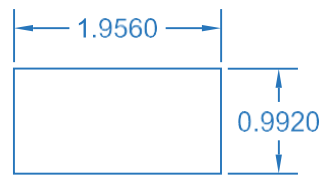
Nombre:  
**Rafael Leal Benlloch**


Plano N°  
**04**

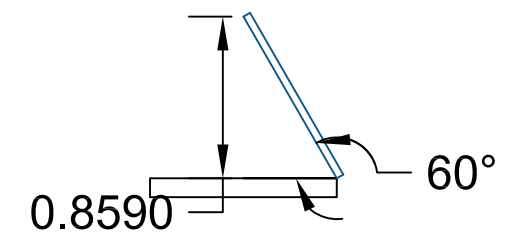
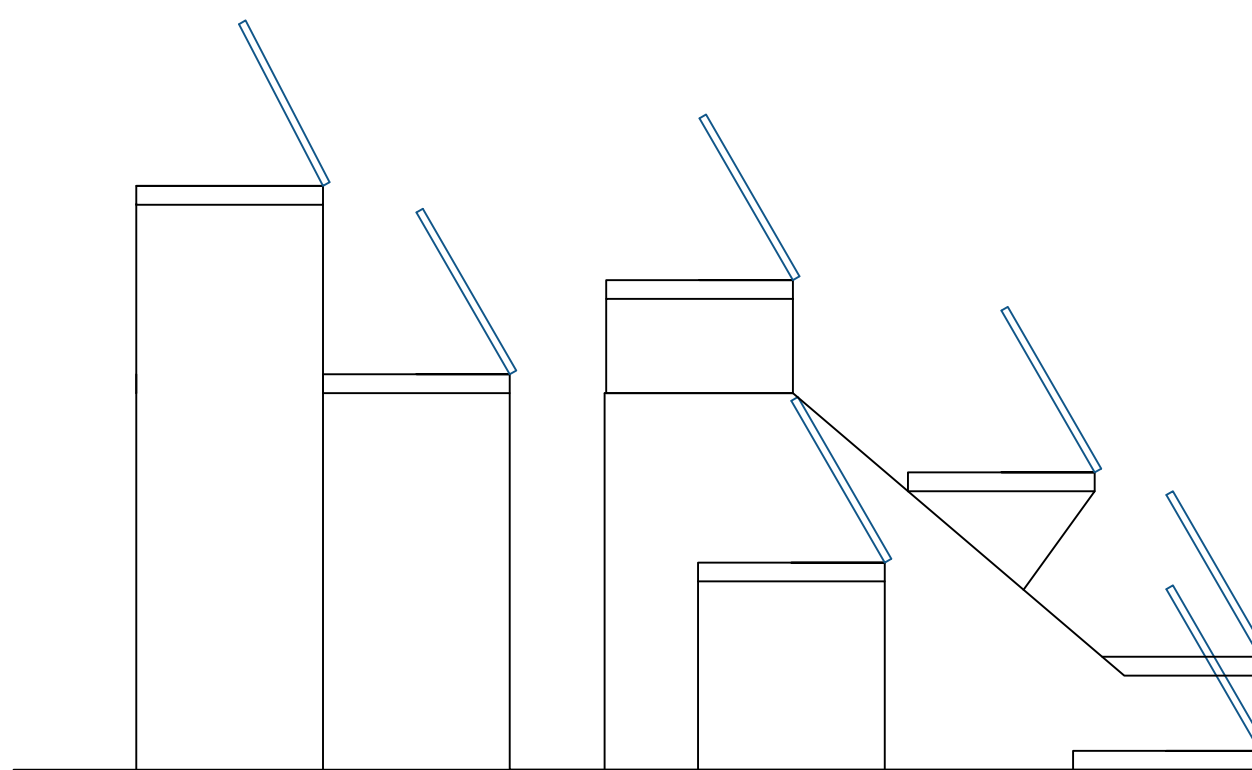


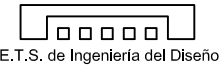


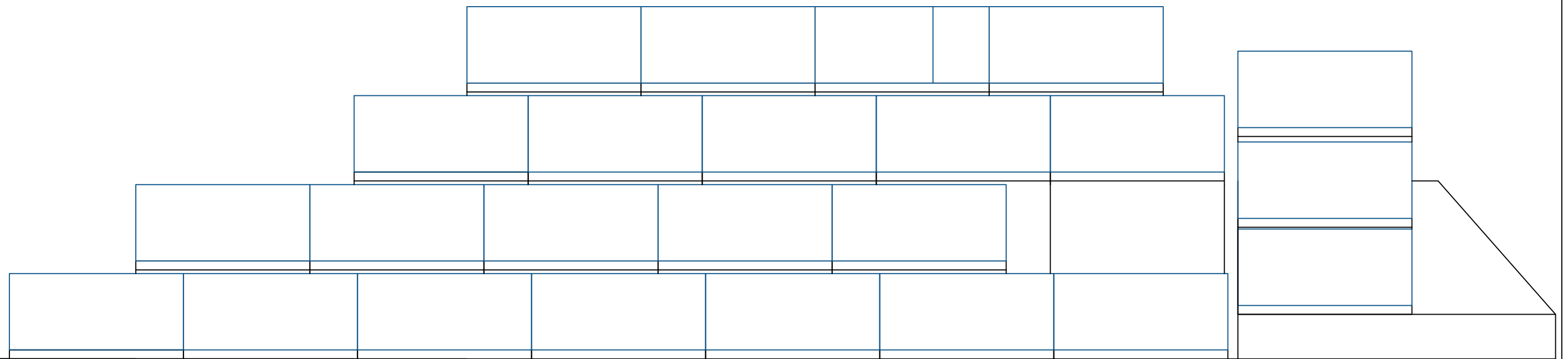
 E.T.S. de Ingeniería del Diseño	<b>Azotea paneles monocristalinos</b>		m
	Diseño de la instalación eléctrica de un edificio y de una instalación fotovoltaica para suministro a un edificio de viviendas y un local comercial		Fecha: 14/08/2021
		Nombre: <b>Rafael Leal Benlloch</b>	Plano N° <b>05</b>













 E.T.S. de Ingeniería del Diseño	<b>Azotea paneles policristalinos</b>		m
	Diseño de la instalación eléctrica de un edificio y de una instalación fotovoltaica para suministro a un edificio de viviendas y un local comercial		Fecha: 14/08/2021
	Nombre: <b>Rafael Leal Benlloch</b>	Plano N° <b>06</b>	

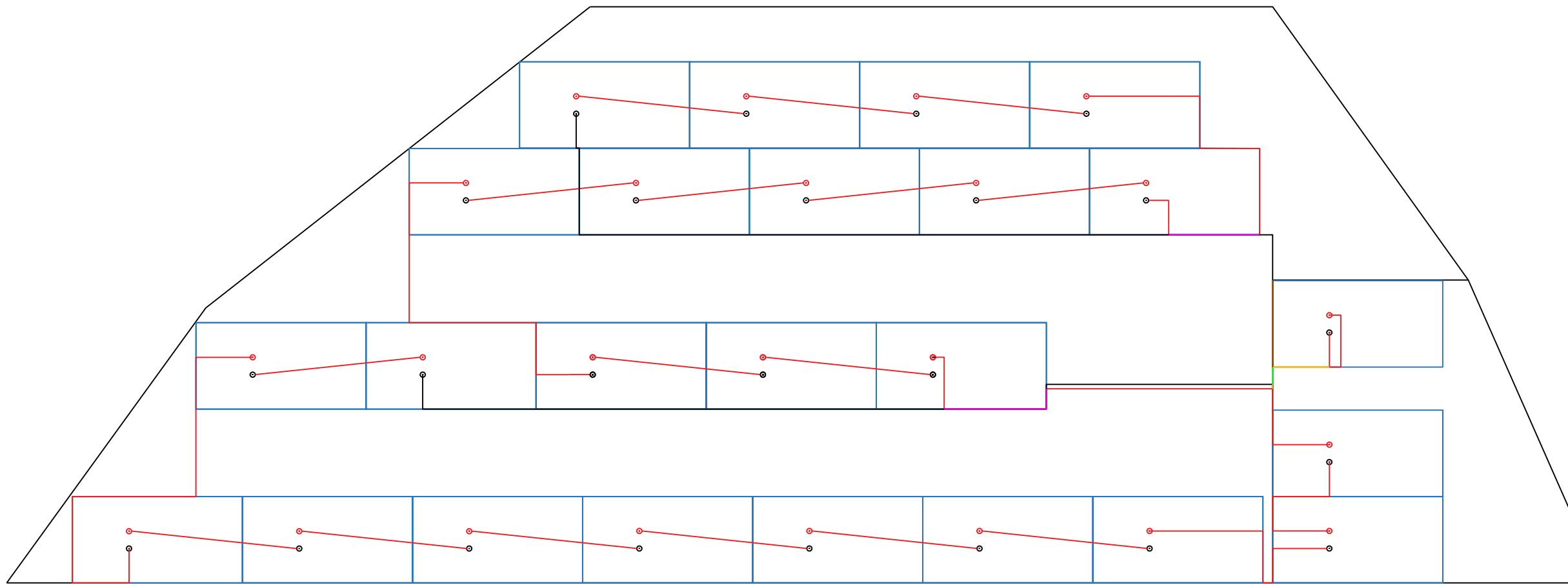



 E.T.S. de Ingeniería del Diseño	<b>Azotea de perfil</b>		m
	Diseño de la instalación eléctrica de un edificio y de una instalación fotovoltaica para suministro a un edificio de viviendas y un local comercial		Fecha: 14/08/2021
	Nombre: <b>Rafael Leal Benlloch</b>	Plano N° <b>07</b>	



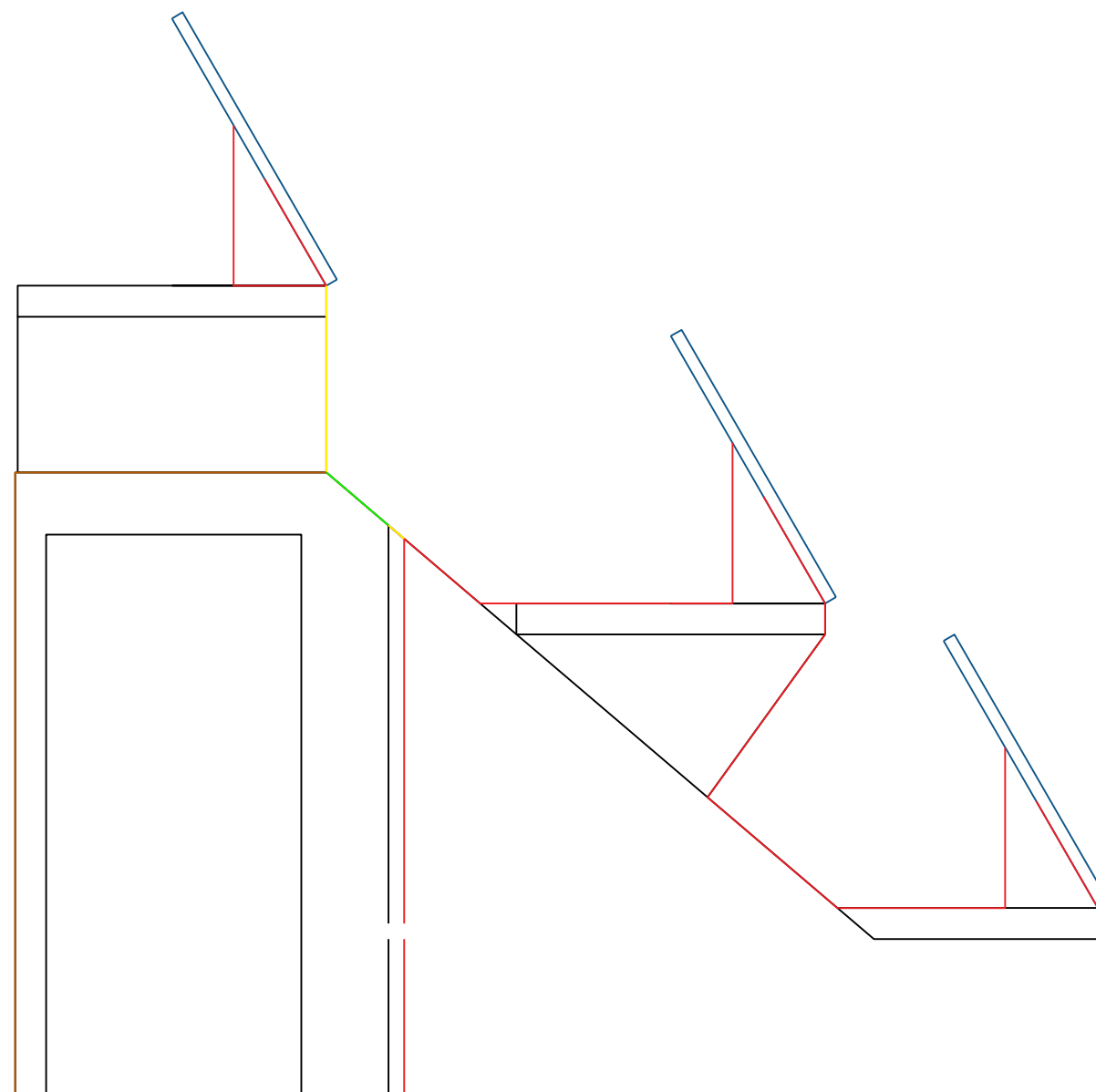
 E.T.S. de Ingeniería del Diseño	<b>Azotea vista de frente</b>		m
	Diseño de la instalación eléctrica de un edificio y de una instalación fotovoltaica para suministro a un edificio de viviendas y un local comercial		Fecha: <b>14/08/2021</b>
		Nombre: <b>Rafael Leal Benlloch</b>	Plano N° <b>08</b>


	Panel fotovoltaico
	Conexión positiva del panel
	Conexión negativa del panel
	Cable positivo
	Cable negativo
	Recorrido de un cable negativo y uno positivo
	Recorrido de dos cables positivos
	Recorrido de dos cables positivos y uno negativo
	Recorrido del cable coincidente con la pared








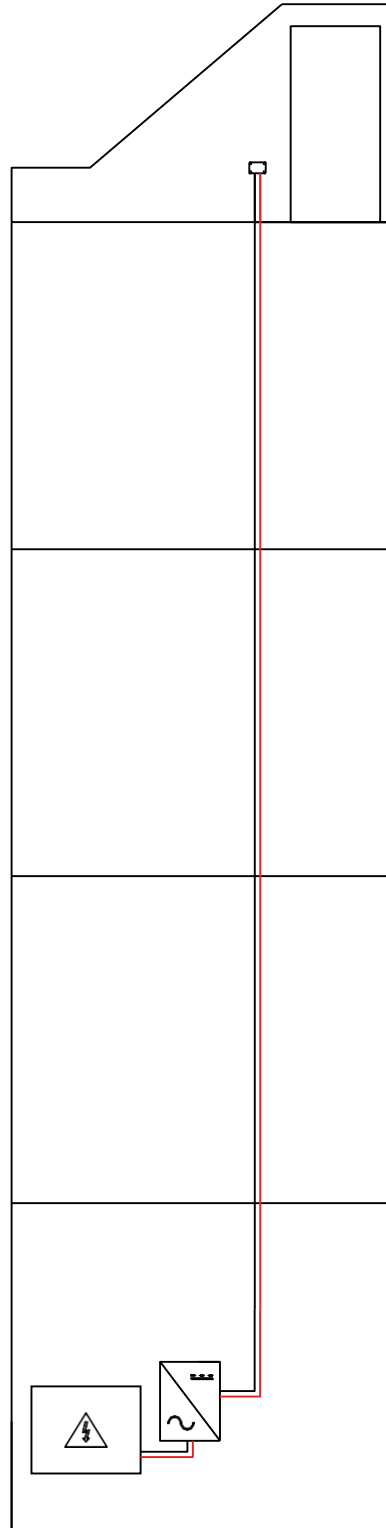
 E.T.S. de Ingeniería del Diseño	<b>Cableado de los paneles solares planta</b>		Fecha: 14/08/2021
	Diseño de la instalación eléctrica de un edificio y de una instalación fotovoltaica para suministro a un edificio de viviendas y un local comercial	Nombre: <b>Rafael Leal Benlloch</b>	Plano N° <b>09</b>

	Perfil panel fotovoltaico
	Conexión positiva del panel
	Conexión negativa del panel
	Cable positivo
	Cable negativo
	Recorrido de un cable negativo y uno positivo
	Recorrido de dos cables positivos
	Recorrido de dos cables positivos y uno negativo
	Recorrido del cable coincidente con la pared



 E.T.S. de Ingeniería del Diseño	<b>Cableado de los paneles solares perfil</b>		Fecha: 14/08/2021
	Diseño de la instalación eléctrica de un edificio y de una instalación fotovoltaica para suministro a un edificio de viviendas y un local comercial	Nombre: <b>Rafael Leal Benlloch</b>	Plano N° <b>10</b>

	Caja de conexiones
	Cuadro eléctrico del edificio
	Conexión negativa del panel
	Cable positivo
	Cable negativo



### Línea bajante al inversor y cuadro eléctrico

Fecha:  
14/08/2021

  
E.T.S. de Ingeniería del Diseño

Diseño de la instalación eléctrica de un edificio y de una instalación fotovoltaica para suministro a un edificio de viviendas y un local comercial

Nombre:  
**Rafael Leal Benlloch**

Plano N°  
**11**

# ANEXOS

( Documento V )



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

DATOS DE ENTRADA	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Número de seguidores MPP	2				
Máx. corriente de entrada ( $I_{dc\ máx. 1} / I_{dc\ máx. 2}$ )	27,0 A / 16,5 A <sup>1)</sup>		33,0 A / 27,0 A		
Máx. corriente de entrada total ( $I_{dc\ máx. 1} + I_{dc\ máx. 2}$ )	43,5 A		51,0 A		
Máxima corriente de cortocircuito (MPP <sub>1</sub> / MPP <sub>2</sub> ) <sup>1)</sup>	40,5 A / 24,8 A		49,5 A / 40,5 A		
Rango de tensión de entrada CC ( $U_{dc\ mín.} - U_{dc\ máx.}$ )	200 - 1000 V				
Tensión de puesta en servicio ( $U_{dc\ arranque}$ )	200 V				
Rango de tensión MPP	200 - 800 V				
Número de entradas CC	3+3				
Máx. salida del generador FV ( $P_{dc\ máx.}$ )	15,0 kW <sub>pico</sub>	18,8 kW <sub>pico</sub>	22,5 kW <sub>pico</sub>	26,3 kW <sub>pico</sub>	30,0 kW <sub>pico</sub>

DATOS DE SALIDA	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Potencia nominal CA ( $P_{ac,r}$ )	10.000 W	12.500 W	15.000 W	17.500 W	20.000 W
Máxima potencia de salida	10.000 VA	12.500 VA	15.000 VA	17.500 VA	20.000 VA
Corriente de salida CA ( $I_{ac\ nom.}$ )	14,4 A	18,0 A	21,7 A	25,3 A	28,9 A
Acoplamiento a la red (rango de tensión)	3-NPE 400 V / 230 V o 3-NPE 380 V / 220 V (+20 % / -30 %)				
Frecuencia (rango de frecuencia)	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)				
Coefficiente de distorsión no lineal	1,8 %	2,0 %	1,5 %	1,5 %	1,3 %
Factor de potencia ( $\cos \phi_{ac,r}$ )	0 - 1 ind. / cap.				

DATOS GENERALES	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)	725 x 510 x 225 mm				
Peso	34,8 kg		43,4 kg		
Tipo de protección	IP 66				
Clase de protección	1				
Categoría de sobretensión (CC / CA) <sup>2)</sup>	2 / 3				
Consumo nocturno	< 1 W				
Concepto de inversor	Sin transformador				
Refrigeración	Refrigeración de aire regulada				
Instalación	Instalación interior y exterior				
Margen de temperatura ambiente	-40 - +60 °C				
Humedad de aire admisible	0 - 100 %				
Máxima altitud	2.000 m / 3.400 m (rango de tensión sin restricciones / con restricciones)				
Tecnología de conexión CC	6 x CC+ y 6 x CC bornes roscados 2,5 - 16 mm <sup>2</sup>				
Tecnología de conexión principal	5 polos CA bornes roscados 2,5 - 16 mm <sup>2</sup>				
Certificados y cumplimiento de normas	ÖVE / ÖNORM E 8001-4-712, DIN V VDE 0126-1-1/A1, VDE AR N 4105, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 3100, AS 4777-2, AS 4777-3, CER 06-190, G83/2, UNE 206007-1, SI 4777, CEI 0-16, CEI 0-21, NRS 097				

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

<sup>2)</sup> De acuerdo con IEC 62109-1. Carril DIN disponible para protección de sobretensiones de tipo 1+ 2 o tipo 2. Más información sobre la disponibilidad de inversores en su país en [www.fronius.es](http://www.fronius.es).

<b>Descripción:</b>	Información técnica y manual del cuadro STC2 25A
<b>Revisión:</b>	1ª versión

En este documento se explicarán las características técnicas y el manual de uso del cuadro de series pequeño (hasta 2 strings). A lo largo de este informe veremos todo lo necesario para manejar el cuadro con seguridad y conocer sus ventajas.

## **FICHA TÉCNICA CUADRO STC2 25A**

### **Descripción del cuadro:**

Cuadro protección series fotovoltaicas sin monitorización, hasta 2 entradas + con bases portafusibles y fusibles para continua de 16A y 2 entradas - con protección de fusible. Salida con seccionador hasta 900Vdc y 25A (1000Vdc de aislamiento), sin contacto auxiliar de estado. Montado en caja de doble aislamiento con tapa transparente, 380x380x225mm (máximo), IP55. Entradas con prensaestopas M16 para entrada de cable de strings, de M20 para la salidas de tierra y del seccionador. Con protector contra sobretensiones de continua clase 2 hasta 1000Vdc, sin contacto auxiliar. Completo, montado y cableado. Según normas IEC.

### **Elementos del cuadro:**

El cuadro está compuesto fundamentalmente por los siguientes elementos:

- Módulo poliéster 380x380x225mm, IP 55 con placa de montaje aislante
- Protector contra sobretensiones de continua clase 2 hasta 1000Vdc
- Fusible.10x38 16A 900Vdc
- Base portafusible UTE 10x38 carril 32A 1000Vdc
- Seccionador hasta 900Vdc y 25A (1000Vdc de aislamiento)
- Prensaestopas M16
- Prensaestopas M20

**Tabla de características:**

<b>CARACTERÍSTICAS GLOBALES DEL MONTAJE</b>	
Tensión máxima de uso	900Vdc
Corriente máxima de uso	25A
Tensión de aislamiento	1000Vdc
Capacidad de seccionamiento	Si, por interruptor de corte en carga
Protección por fusible	Si
Protección contra sobretensiones	Si
IP	55
Prensaestopas	Si
<b>CARACTERÍSTICAS DEL INTERRUPTOR</b>	
Marca	Telergon / Socomec
Tensión máxima de corte	900Vdc
Corriente máxima de corte	25A
Tensión de aislamiento	1000Vdc
Accionamiento	Por mando directo
Categoría de empleo	DC21
Tipo de conexión	Disponible en pletina ó brida
<b>CARACTERÍSTICAS DEL FUSIBLE</b>	
Marca	DF
Tensión máxima de uso	900Vdc
Corriente de fusión de fusible	16A
Tensión de aislamiento (base)	1000Vdc
Corriente máxima de la base	32 A
Tipo de base	UTE
Calibre	10x38
Montaje	Carril
Conexión	Brida
<b>CARACTERÍSTICAS DEL PROTECTOR</b>	
Marca	Weidmüller
Tipo	Tipo II
Tensión de uso	1000Vdc
I de descarga	40kA
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA ENVOLVENTE</b>	
Marca	Claved
Dimensiones máximas	380x380x225mm
IP	55
IK	10
Tapa	Transparente
Prensaestopas	Si (M16 y 20)
IP Prensas	66
Placa de montaje	Aislante

# 18H

## Soporte poste

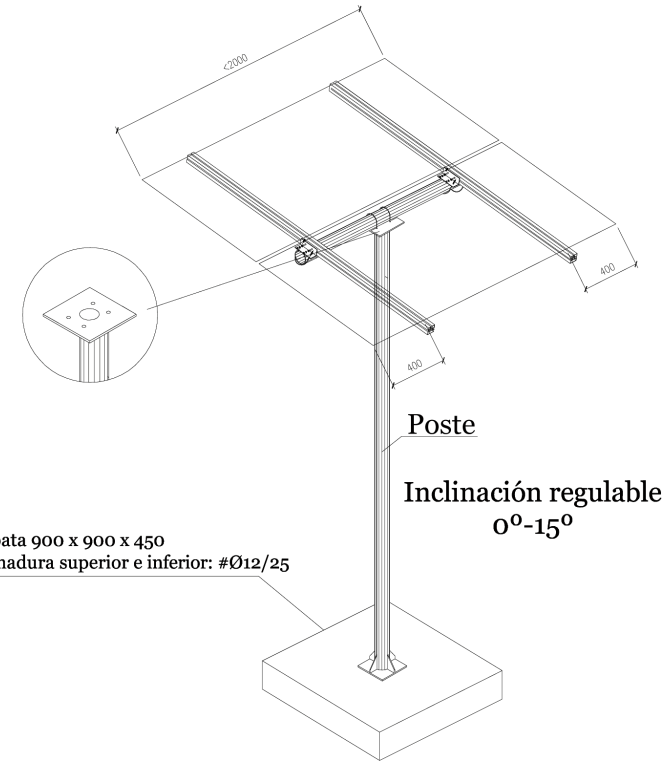


### Válido para:

- Soporte para poste, disposición horizontal.
- Poste incluido
- Anclaje a cimentación.
- Soporte para 1 y 2 módulos.
- Altura poste 3 m.

- Tornillería de anclaje NO incluida

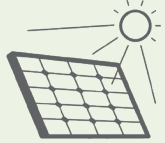
Disponibilidad de tuercas antirrobo.  
Material 100% reciclable.  
Cómoda instalación.



### El kit incluye:

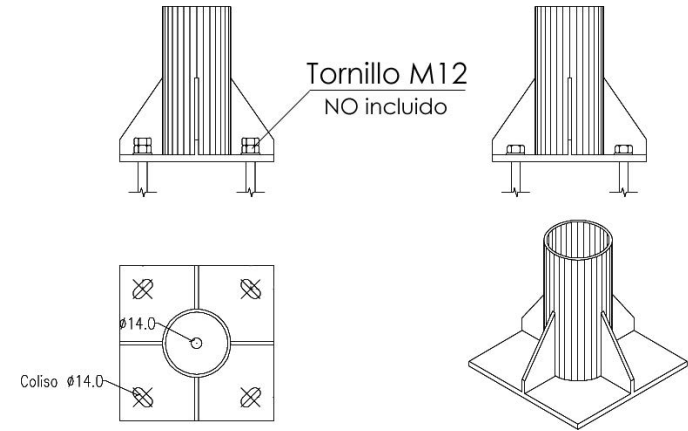
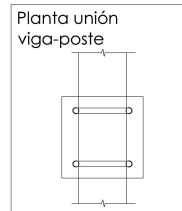
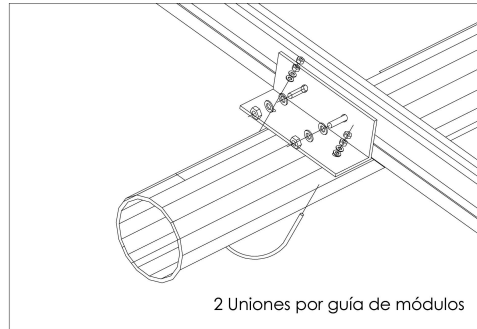
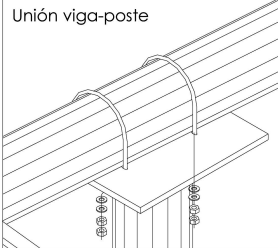
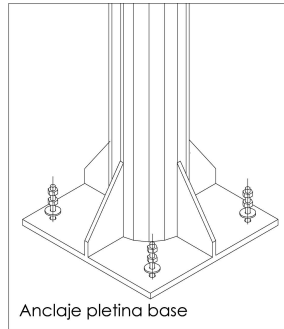
Soporte inclinado  
Poste  
Presores laterales  
Presores centrales

Número de paneles



Horizontal:  
2 módulos  
Inclinaciones:  
Regulable de 0°  
a 15°

Para módulos de 60 y 72  
células (1650/2000x1000)  
de 33 a 50 mm de espesor.



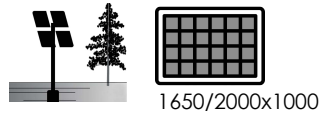
Viento 100 km/h

MATERIALES Perfilería de aluminio EN AW 6005A T6

TORNILLERÍA Pilares de acero galvanizado en caliente  
Tornillería acero inoxidable A2-70

- Comprobar el buen estado del terreno y la capacidad portante del mismo.
- Se recomienda realizar un estudio geotécnico del terreno.

Para más información consultar



### Par de apriete:

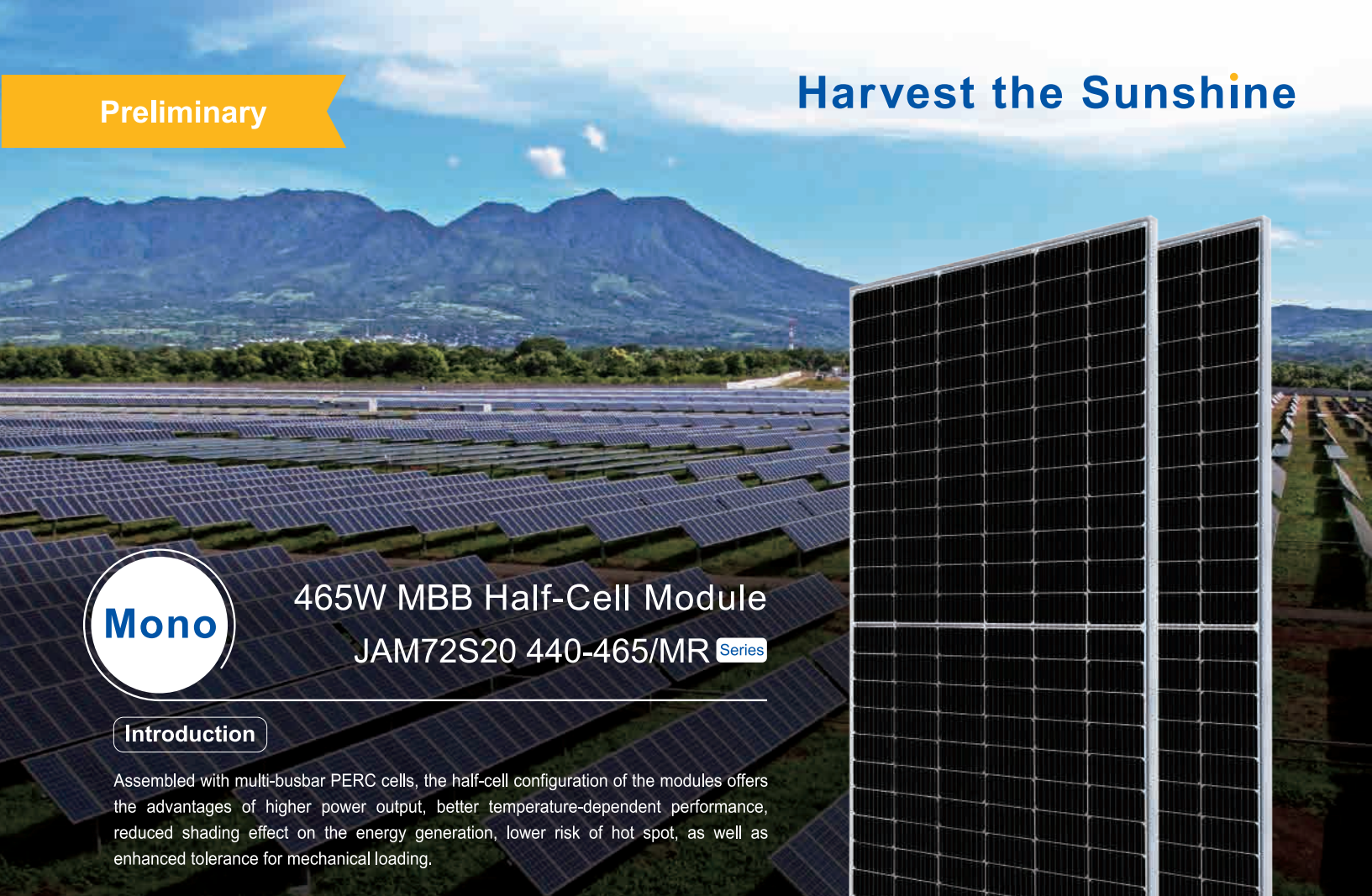
Tornillo Presor	7 Nm
Tornillo M8 Hexagonal	20 Nm
Tornillo M10 Hexagonal	40 Nm
Tornillo M6.3 Hexagonal	10 Nm

Herramientas necesarias:



Seguridad:





## 465W MBB Half-Cell Module JAM72S20 440-465/MR Series

### Introduction

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



Higher output power



Lower LCOE



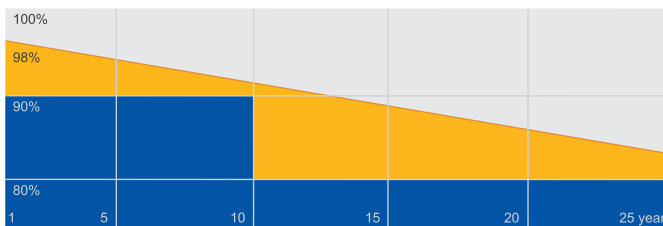
Less shading and lower resistive loss



Better mechanical loading tolerance

### Superior Warranty

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



■ JA Linear Power Warranty ■ Industry Warranty

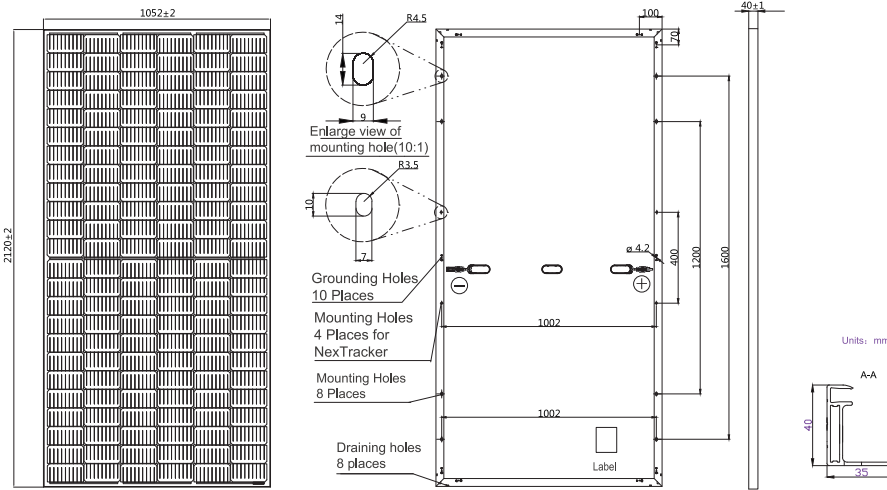
### Comprehensive Certificates

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



**MECHANICAL DIAGRAMS**

**SPECIFICATIONS**



Remark: customized frame color and cable length available upon request

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

**ELECTRICAL PARAMETERS AT STC**

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

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

**ELECTRICAL PARAMETERS AT NOCT**

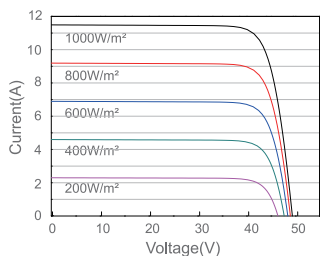
**OPERATING CONDITIONS**

TYPE	JAM72S20 -440/MR	JAM72S20 -445/MR	JAM72S20 -450/MR	JAM72S20 -455/MR	JAM72S20 -460/MR	JAM72S20 -465/MR		
Rated Max Power(Pmax) [W]	333	336	340	344	348	352	Maximum System Voltage	1000V/1500V DC
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	46.40	46.65	46.90	47.15	47.38	47.61	Operating Temperature	-40°C~+85°C
Max Power Voltage(Vmp) [V]	38.70	38.95	39.19	39.44	39.68	39.90	Maximum Series Fuse	20A
Short Circuit Current(Isc) [A]	9.16	9.20	9.25	9.29	9.33	9.38	Maximum Static Load,Front*	5400Pa
Max Power Current(Imp) [A]	8.60	8.64	8.68	8.72	8.76	8.81	Maximum Static Load,Back*	2400Pa
NOCT	Irradiance 800W/m <sup>2</sup> , ambient temperature 20°C,wind speed 1m/s, AM1.5G						NOCT	45±2°C
							Safety Class	Class II
							Fire Performance	UL Type 1

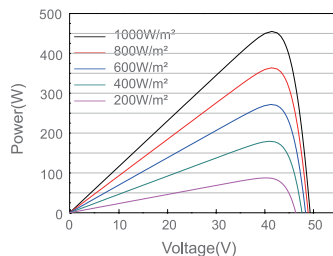
\*For NexTracker installations ,Maximum Static Load, Front is 2400Pa while Maximum Static Load, Back is 2400Pa.

**CHARACTERISTICS**

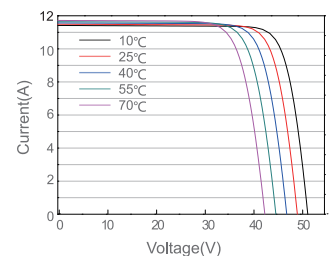
Current-Voltage Curve JAM72S20-455/MR



Power-Voltage Curve JAM72S20-455/MR



Current-Voltage Curve JAM72S20-455/MR



# ESPMC

Polycrystalline Solar Module

## KEY FEATURES



### 5 Busbar Solar Cell:

5 busbar solar cell adopts new technology to improve the efficiency of modules, offers a better aesthetic appearance, making it perfect for rooftop installation.



### High Power Output:

Polycrystalline 72-cell module achieves a power output up to 340Wp.



### Low-light Performance:

Advanced glass and surface texturing allow for excellent performance in low-light environments.



### Reliability Warranty:

10 years' product warranty.  
Power warranty of 90% up to 10 years and 80% up to 25 years.



WATTS POSITIVE TOLERANCE



12 YEARS PRODUCT WARRANTY



10 YEARS PERFORMANCE GUARANTEE 90%



25 YEARS PERFORMANCE GUARANTEE 80%

## POLYCRYSTALLINE, 72-CELL SERIES

### ELECTRICAL PERFORMANCE

Module type: ESPMC	340
Maximum Power(Wp)	340W
Open circuit Voltage(Voc)	46.4V
Short circuit Current(Isc)	9.45A
Maximum Power Voltage(Vm)	38.5V
Maximum Power Current(Im)	8.84A
Module efficiency	17.5%
Maximum Series Fuse	15A
Watts positive tolerance	0~+3%
Number of Diode	3
Standard Test Conditions	1000W/M <sup>2</sup> ,25°C,AM1.5
Maximum System Voltage	1000V/DC
Temperature-Coefficient Isc	+0.08558%/°C
Temperature-Coefficient Uoc	-0.29506%/°C
Temperature-Coefficient Pmpp	-0.38001%/°C
Normal Operating Cell Temperature	-40°C...+85°C
Load Capacity for the cover of the module (glass)	5400Pa(IEC61215)(snow)
Load Capacity for the front & back of the module	2400Pa(IEC61215)(wind)
Product Certificate	TUV(IEC 61215,IEC 61730),CE, ROHS,PID Resistant,INMETRO
Company Certificate	ISO9001,ISO14001,ISO18001

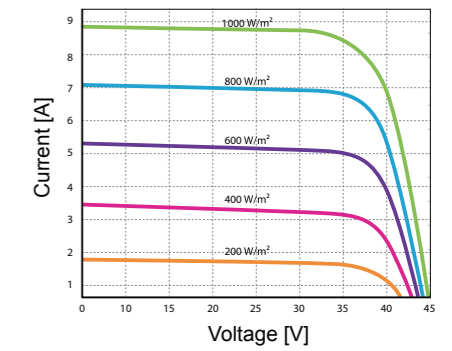
### MECHANICAL CHARACTERISTICS

Front cover (material / thickness)	low-iron tempered glass / 3.2mm
Backsheet (color)	TPT in white
Cell (quantity / material / dimensions)	72 / Polycrystalline silicon / 156.75x156.75mm
Frame (material / color)	aluminum hollow-chamber frame on each side anodized aluminum alloy / silver
Junction box (protection degree)	> IP68
Cables & Plug connectors	2x900mm / 4mm <sup>2</sup> & MC4 compatible
Module Dimensions (L / W / H)	1956x992x40mm
Module Weight	20.9kg
Application class	Class A
Electrical protection class	Class II
Fire safety class	Class C

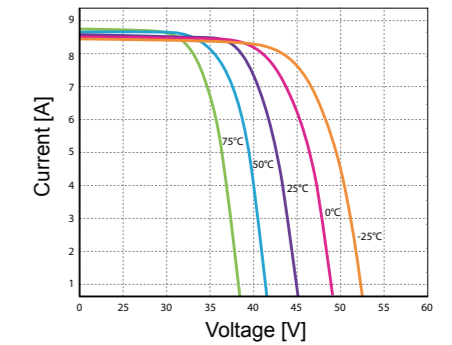
### PACKING

Container Size	Units/Pallet (PCS)	Weight/Pallet (KG)	Pallet Measurement (mm)	Units/Container (PCS)
20GP	26	570	2000x1130x1120	260
40HQ	26	570	2000x1130x1120	627
	31	676	2000x1130x1340	

### CURRENT-VOLTAGE CURVES:



Module characteristics at constant module temperatures (25°C) and different levels of irradiance.



Module characteristics at different module temperatures and constant module irradiance (1.000 W/m<sup>2</sup>).

### MODULE DIMENSIONS:

