



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Politécnica Superior de Alcoy

Estudio de una instalación fotovoltaica de 100 kW para autoconsumo sin excedentes en la cubierta de una nave industrial.

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Eléctrica

AUTOR/A: Lara Tendero, Juan Francisco

Tutor/a: Pascual Molto, Marcos

Cotutor/a: Liberos Mascarell, María Antonia

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022



TITULO Y RESUMEN DEL PROYECTO

Estudio de una instalación fotovoltaica de 100 kW para autoconsumo sin excedentes en la cubierta de una nave industrial.

Estudi d'una instal.lacio fotovoltaica de 100 kW per a autoconsum sense excedents en la coberta d'una nau industrial.

Study of a 100 kW photovoltaic installation for self-consumption without surplus on the roof of an industrial building.

RESUMEN:

Con la actual problemática del precio de la energía cada vez más empresas, industrias e incluso particulares están optando por instalar en los tejados de sus edificios o naves industriales sistemas de generación de energía eléctrica con paneles solares fotovoltaicos.

En el presente trabajo se va a dimensionar la instalación de uno de estos sistemas de generación de energía eléctrica para de alguna manera reducir costes y al mismo tiempo reducir en la medida de lo posible la huella de carbono que genera esta empresa.

La instalación del sistema fotovoltaico que se va a diseñar estará ubicada en una nave industrial situada en el término municipal de "Tarazona de la Mancha", en la que hay una cámara frigorífica destinada a la conservación de productos alimenticios, principalmente cebollas, que se cultivan en la zona.

With the current problem of energy prices, more and more companies, industries and even individuals are choosing to install on the roofs of their buildings or industrial buildings systems for generating electricity with photovoltaic solar panels.

In this work we are going to dimension the installation of one of these power generation systems to somehow reduce costs and at the same time reduce as much as possible the carbon footprint generated by this company.

The installation of the photovoltaic system to be designed will be located in an industrial building located in the municipality of Tarazona de la Mancha, where there is a cold room for the preservation of food products, mainly onions, grown in the area.

Estudio de una instalación fotovoltaica de 100 kW para autoconsumo sin excedentes en la cubierta de una nave industrial.



PALABRAS CLAVE:

INSTALACION FOTOVOLTAICA, AUTOCONSUMO SIN EXCEDENTES,
CONECTADA A RED.

AGRADECIMIENTOS

Después de una difícil y larga andanza en mis años de universidad, quiero en primer lugar dar las gracias a todos los docentes que he conocido, sin los cuales no podría haber llegado hasta aquí y en especial a Marcos, mi tutor del trabajo final.

También a mis compañeros, tanto aquellos con los que he tenido más afinidad, como los que han pasado sin dejar mucha huella, son y han sido parte de esta gran etapa y a todos les guardo un cariño especial.

En último lugar, aunque no por ello menos importante, creo que, más bien al contrario, a mi familia, mis amigos y mi pareja, su apoyo incondicional, incluso en los momentos más duros me han ayudado a seguir adelante y a no rendirme.

A todos vosotros, gracias.

Juan Francisco Lara Tendo

Tarazona de la Mancha, 2022



DOCUMENTO Nº1. MEMORIA

Estudio de una instalación fotovoltaica de 100 kW para autoconsumo sin excedentes en la cubierta de una nave industrial.



INDICE

1. MEMORIA.....	7
1.1 ANTECEDENTES Y OBJETO DE LA MEMORIA	7
1.2 INTRODUCCION A LAS ENERGIAS RENOVABLES.....	8
1.2.1 Energía solar fotovoltaica:.....	8
1.2.2 Energía solar térmica:	8
1.2.3 Energía solar termoeléctrica	8
1.2.4 Energía eólica	9
1.2.5 Energía hidroeléctrica	9
1.2.6 Energía de la biomasa	9
1.2.7 Energía geotérmica.....	9
1.2.8 Energía oceánica o maremotriz	9
1.2.9 Energía del hidrogeno	10
1.3 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	10
1.3.1 Recuerdo solar en España.....	10
1.3.3 Ventajas e inconvenientes de las instalaciones fotovoltaicas	11
1.4 DESCRIPCION DE LA INSTALACION.....	12
1.4.1 Ámbito de aplicación de la Instalación	12
1.4.1 Titular y promotor	14
1.4.2 Emplazamiento.....	14
1.4.3 Consumo Eléctrico nave industrial de cámara frigorífica.....	16
1.4.3 Normativa aplicable.....	18
1.5 DESCRIPCION DE LA INSTALACION.....	19
1.5.1 Clasificación	20
1.5.2 Generador fotovoltaico	20
1.5.3 Acondicionamiento de potencia. Inversor.....	23
1.5.4 Características del campo fotovoltaico.....	25
1.5.5 Estructura soporte	25
1.5.6 Cableado.....	27
1.5.7 Protecciones	28
1.5.8 Sistema limpieza de los paneles solares.....	30
1.5.9 Contador	31
1.5.10 Monitorización	31

Estudio de una instalación fotovoltaica de 100 kW para autoconsumo sin excedentes en la cubierta de una nave industrial.



1.6 DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD.....	32
1.6.1 Clasificación de la actividad	32
1.6.2 Impacto ambiental.....	32
1.6.3 Balance energético y medioambiental.....	32
1.6.4 Balance autoconsumo.....	34
1.6.5 Esquema de FLUJO DE ENERGIA.....	36
1.7 CALCULOS JUSTIFICATIVOS.....	37
1.7.1 Dimensionado del generador fotovoltaico	37
1.7.3 Comprobación por intensidad	39
1.7.4 Secciones de cableado.....	39
1.7.5 Calculo de protecciones	42
1.8 PRESUPUESTO.....	47
1.9 ESTUDIO ECONOMICO	50
1.9 CONCLUSIONES	52
1.10 BIBLIOGRAFIA.....	53
1.11 PLANOS	54

Lista ilustraciones

Ilustración 1. Nave industrial CEBOLLAS TARAMAN	7
Ilustración 2. Irradiancia mensual en Albacete	11
Ilustración 3. Mapa catastro parcela.....	15
Ilustración 4. Consumo anual. 2020	16
Ilustración 5. Consumo horario típico	17
Ilustración 7. Curvas características módulos	21
Ilustración 8. Croquis módulos solares.....	22
Ilustración 9. Detalle fijación módulos	27
Ilustración 10. Detalle lavado módulos.....	31
Ilustración 11. Producción fotovoltaica	33
Ilustración 12. Balance energético	35
Ilustración 13. Flujo de energía	36
Ilustración 14. Guía interpretación sep. galvánica.....	46

Estudio de una instalación fotovoltaica de 100 kW para autoconsumo sin excedentes en la cubierta de una nave industrial.



Lista Tablas

Tabla 1. Características inversor	25
Tabla 2. Resultados simulación PVGIS.....	33
Tabla 3. Balance autoconsumo	34
Tabla 4. Elección inversor	37
Tabla 5. Elección módulos solares.....	37
Tabla 6. Datos modulo e inversor.....	38
Tabla 7. Cálculos serie.....	38
Tabla 8. Resumen secciones cables.....	41
Tabla 9. Capítulo 1 de presupuesto	47
Tabla 10. Capítulo 2 de presupuesto	47
Tabla 11. Capítulo 3 de presupuesto	47
Tabla 12. Capítulo 4 de presupuesto	47
Tabla 13. Capítulo 5 de presupuesto	48
Tabla 14. Capítulo 6 de presupuesto	48
Tabla 15. Capítulo 7 de presupuesto	48
Tabla 16. Capítulo 8 de presupuesto	48
Tabla 17. Presupuesto	49
Tabla 18. Estudio económico	50
Tabla 19. Datos estudio económico	51

1. MEMORIA

1.1 ANTECEDENTES Y OBJETO DE LA MEMORIA

La sociedad CEBOLLAS TARAMAN S.L. es una empresa destinada a la producción, almacenaje y venta de cebollas al por mayor. Esta empresa cuenta con multitud de campos de cultivo en la zona de la Mancha y entre otras, tiene una nave industrial en el término municipal de *Tarazona de la Mancha*, dedicada al almacenaje de grandes cantidades de este producto de manera refrigerada. Con ello consiguen mantener el producto fresco y almacenarlo durante largas temporadas para la posterior venta.

Este proceso de mantener el producto fresco se realiza en una cámara frigorífica de unas medidas considerables, esta cámara tiene grandes consumos de energía eléctrica, con los actuales precios de la energía se han propuesto instalar un generador fotovoltaico para reducir así la factura de electricidad, además de ayudar a combatir el campo climático y reducir su huella de carbono.

Por todo ello se pretende la ejecución de una instalación fotovoltaica en modalidad de AUTOCONSUMO sin excedentes, según el RD244/2019, de 100 kW, sobre la cubierta que da al sur de la nave industrial. Dicha energía servirá para alimentar las cargas eléctricas que CEBOLLAS TARAMAN S.L. tiene en una de sus naves industriales.

El presente documento tiene por objeto, definir las condiciones técnicas de una instalación fotovoltaica de conexión a red sin excedentes, sirviendo de base para la misma y cumpliendo la legislación actual.



Ilustración 1. Nave industrial CEBOLLAS TARAMAN

En la ilustración 1 se puede ver la nave en cuestión, que va a ser el lugar donde se ubicará la instalación fotovoltaica.

Estudio de una instalación fotovoltaica de 100 kW para autoconsumo sin excedentes en la cubierta de una nave industrial.



1.2 INTRODUCCION A LAS ENERGIAS RENOVABLES

La energía eléctrica se puede decir que es fundamental para el ser humano, y el desarrollo de la vida tal como la conocemos. Las formas de las que se puede obtener esa energía las clasificamos en dos grupos muy diferenciados: Por un lado, están las energías no renovables, se trata de los tipos de energía que se agotan conforme se van utilizando, como por ejemplo las procedentes de los combustibles fósiles o la nuclear. Además de estas últimas también se puede conseguir energía de fuentes naturales o renovables, estas se denominan así porque la fuente de la que provienen es inagotable, son las llamadas energías renovables. Estas fuentes de energía, además de ser perpetuas también son mucho menos agresivas y dañinas para el medio ambiente, aunque también tienen un fuerte impacto, como el paisajístico.

Probablemente se podrá atajar el gran problema energético que tenemos actualmente, con la cada vez más severa escasez de recursos y el daño que se crea a la naturaleza, utilizando las fuentes naturales y renovables de las que disponemos. Estas fuentes son: la energía solar, eólica, hidroeléctrica, de la biomasa, geotérmica, oceánica y del hidrogeno. Se va a describir a continuación la tecnología que aprovecha cada una de ellas. [2]

1.2.1 Energía solar fotovoltaica:

La energía solar fotovoltaica se basa en el efecto fotovoltaico, este efecto se produce cuando la radiación solar incide sobre una célula fotovoltaica, produciéndose en ella un flujo de electrones que se puede aprovechar para generar electricidad. En España se tienen buenas condiciones para aprovechar este recurso, por lo que cada vez más personas lo eligen como fuente de energía alternativa para sus hogares e industrias

1.2.2 Energía solar térmica:

La energía solar térmica utiliza la radiación solar para calentar fluidos y almacenarlos calientes o para consumir directamente su energía. Entre sus aplicaciones más utilizadas está el calentamiento agua sanitarias o ACS, como un apoyo a la climatización de los hogares o el calentamiento de agua para las piscinas cubiertas.

1.2.3 Energía solar termoeléctrica

A veces llamada termo solar, esta tecnología consigue extraer la energía que proviene de la radiación solar concentrado los rayos de sol en un receptor por el cual hay un fluido que transporta el calor hasta los intercambiadores, que

Estudio de una instalación fotovoltaica de 100 kW para autoconsumo sin excedentes en la cubierta de una nave industrial.



calientan agua hasta la ebullición y con la presión que genera mueve una turbina que produce energía eléctrica.

1.2.4 Energía eólica

La energía eólica aprovecha la fuerza del viento para mover un generador, dentro de la energía eólica tenemos desde los pequeños aerogeneradores de unos cientos de vatios, hasta las grandes maquinas generadoras que se instalan actualmente que pueden llegar hasta 12 MW de potencia cuando las condiciones climáticas son favorables.

1.2.5 Energía hidroeléctrica

España ha sido desde hace muchos años un referente en cuanto a energía hidroeléctrica se refiere, las grandes cuencas de los ríos y su localización ha propiciado que se utilizase esta tecnología desde antaño. La energía hidroeléctrica se basa en embalsar grandes cantidades de agua, en este caso de un río, al subir el nivel del río en el embalse el agua adquiere energía potencial que se aprovecha después soltándola de manera violenta en una turbina que mueve un generador para producir electricidad.

1.2.6 Energía de la biomasa

Se puede producir energía a partir de la biomasa, esta biomasa puede provenir de multitud de fuentes, como por ejemplo restos de poda de bosques, restos y desechos de la elaboración de materias primas, como el hueso de la aceituna, o la cascara de almendra, etc. Estos restos pueden ser directamente consumidos por una caldera o procesados en forma de serrín o pellets para su posterior consumo.

1.2.7 Energía geotérmica

Aprovechar el recurso geotérmico se trata de extraer energía calorífica de las capas internas de la tierra para calentar un fluido, que posteriormente será utilizado para calentar agua o directamente se bombea agua a cierta distancia hacia el interior de la tierra para calentarla y emplear este calor para climatización o generación de energía.

1.2.8 Energía oceánica o maremotriz

Que la fuerza del mar es inmensa nadie lo pone en duda, con los nuevos proyectos de energía maremotriz se intenta extraer parte de esa energía del movimiento de las olas, hay infinidad de sistemas que buscan generar energía

Estudio de una instalación fotovoltaica de 100 kW para autoconsumo sin excedentes en la cubierta de una nave industrial.



eléctrica aprovechando el vaivén de las olas, ya sea con boyas que suben y bajan o conductos que aprovechando el efecto Venturi hacen girar una turbina, de unas u otras maneras, el resultado es la generación de energía de una manera limpia y sostenible.

1.2.9 Energía del hidrogeno

Esta tecnología se basa en la generación de hidrogeno para utilizarlo como combustible. El hidrogeno se extrae a través de un proceso electroquímico llamado electrólisis. Cuando utilizamos energía eléctrica proveniente de fuentes renovables podemos decir que se trata de hidrogeno verde, con ello conseguimos producir un combustible sin emitir dióxido de carbono a la atmosfera. Todavía es una tecnología en desarrollo, pero muchos expertos piensan que es uno de los caminos más seguros y viables para la descarbonización del planeta.

1.3 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía inagotable, limpia y respetuosa con el medio ambiente. Por las condiciones climatológicas y la latitud de España es un lugar muy apropiado para aprovechar las ventajas que nos ofrece esta tecnología. Si a ello se suma que los precios de la energía eléctrica están en unas cifras exageradamente altas, se tiene que cada vez es más aconsejable y rentable instalar paneles solares para autoconsumo, más aún cuando se trata de una industria donde los consumos de electricidad son muy altos, por lo que se puede llegar a rentabilizar la instalación en unos pocos años, algo que cualquier inversor desea. [3]

1.3.1 Recuerdo solar en España

Por la latitud en que se encuentra y las condiciones climatológicas del lugar tienen un buen recurso solar, también grandes extensiones de terreno que es posible aprovechar para este fin, en la siguiente imagen se verá la irradiancia solar en el término municipal de “Tarazona de la Mancha”, lugar donde se va ubicar la instalación fotovoltaica.

La ilustración 2 muestra la irradiación mensual en la ubicación donde se realizará la instalación. Se ha tomado esta irradiancia con ayuda de la aplicación PVGIStool, lugar de donde se han sacado los datos y la simulación de la generación. [5]

Estudio de una instalación fotovoltaica de 100 kW para autoconsumo sin excedentes en la cubierta de una nave industrial.

Monthly solar irradiation estimates

(C) PVGIS, 2022

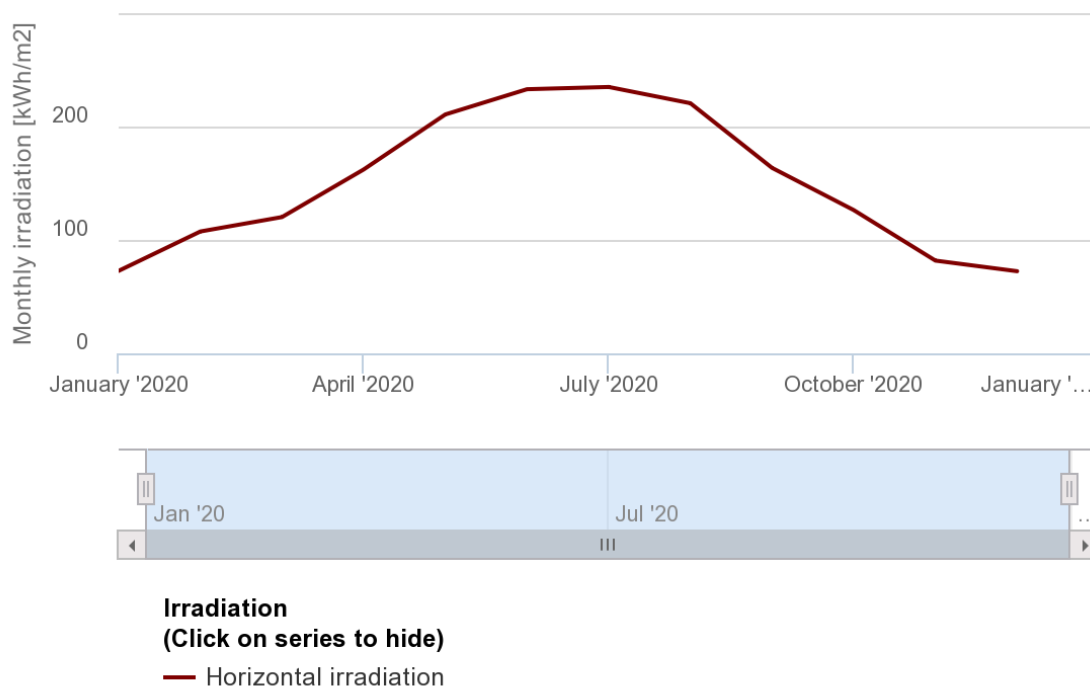


Ilustración 2. Irradiación mensual en Albacete

1.3.3 Ventajas e inconvenientes de las instalaciones fotovoltaicas

Entre las principales ventajas de las instalaciones solares fotovoltaicas podemos decir que es una fuente de energía renovable, limpia e inagotable. No contamina (excepto la fabricación de sus componentes), no tiene partes móviles por lo que no se requiere un gran mantenimiento.

Los generadores de energía o módulos fotovoltaicos se pueden instalar de forma distribuida, por lo que se pueden colocar perfectamente sobre edificios que ya están construidos, aprovechando así de una forma muy eficiente la superficie y los espacios que de otro modo tal vez no se pudiesen aprovechar.

Generan energía de manera autónoma de forma segura y silenciosa. En el proceso de generación de energía no se producen residuos ni se consumen combustibles fósiles. La energía solar tiene una fiabilidad muy alta y una disponibilidad operativa excelente. Se puede predecir con una exactitud relativamente alta la generación energética que se puede producir en una determinada instalación. [3]

Estudio de una instalación fotovoltaica de 100 kW para autoconsumo sin excedentes en la cubierta de una nave industrial.



Además de las ventajas evidentes para el medio ambiente, las instalaciones solares fotovoltaicas tienen unas ventajas socio-económicas muy buenas. La instalación del sistema es simple y tienen una larga vida útil (los módulos solares fotovoltaicos están garantizados por más de 25 años sin perder la mayor parte de sus características). Otra fantástica ventaja y por la que es muy recurrida es que se pueden instalar en entornos rurales y de manera aislada, pudiendo así alimentar instalaciones eléctricas en lugares remotos donde por circunstancias diversas no llega a la red eléctrica convencional.

Aunque la instalación es sencilla también es muy resistente, es capaz de resistir condiciones climatológicas muy adversas y extremas. La instalación de plantas solares puede hacer que un país dependa en menor manera de los precios del petróleo y de otros combustibles fósiles, algo que es primordial.

Con las nuevas normas que se han adoptado para las instalaciones de autoconsumo es posible acogerse a compensación, con lo que se podrían reducir la factura de la luz si tienes excedentes y se decide venderlos a la compañía distribuidora.

Como principales inconvenientes se pueden nombrar los siguientes, al ser una tecnología que obtiene la energía directamente de la radiación solar, no es posible su funcionamiento en las horas que no hay sol, por lo que si se necesita energía por la noche se tendrá que acumularla en las horas de día o estar conectados a la red eléctrica. Aunque el funcionamiento es si del sistema no genera residuos, la fabricación de los módulos fotovoltaicos es compleja y cara. También se puede decir que la energía que se genera es de difícil almacenamiento y que los acumuladores de esta instalación son caros y no demasiado eficientes. Otro de los inconvenientes que se puede nombrar es el rendimiento obtenido y el espacio ocupado por los captadores solares, cuando estos se ubican en terreno aprovechable para otros usos.

1.4 DESCRIPCION DE LA INSTALACION

1.4.1 Ámbito de aplicación de la Instalación

Según el REBT en su ITC-BT 40, la instalación se clasifica como Instalación GENERADORA INTERCONECTADA, ya que trabaja en paralelo con la Red de Distribución Pública. La instalación interconectada para Autoconsumo está asociada a **la modalidad de suministro con Autoconsumo sin excedentes.**

[7]



La instalación de Autoconsumo Propuesta se clasifica como:

- Instalación de Autoconsumo **SIN EXCEDENTES**
- Potencia de Generación **100 kW**
- Conexión en la red Interior de Baja Tensión con sistema anti-vertido.

A continuación, se detalla el ámbito de aplicación a la que está sometida la instalación a la que hace referencia el presente proyecto:

- Al tratarse de una instalación de generación de más de 10 kW de potencia nominal, **se requiere proyecto**, tal y como se indica en el REBT ITC-BT-04. Asimismo, al ser una instalación generadora de más de 25 kW, con el generador instalado en un local mojado, la instalación eléctrica a la que hace referencia el presente proyecto **REQUIERE de inspección inicial, (periódica cada 5 años)** para su tramitación y puesta en marcha.
- La instalación debe ser ejecutada por un Instalador Autorizado, y al finalizar la misma, éste debe entregar el **Certificado de la Instalación Eléctrica** para su registro en la Delegación Territorial de Energía, junto con el Proyecto de la instalación.
- Tal y como especifica el RD 1955/2000, la instalación deberá ser revisadas, al menos cada tres años, por técnicos titulados, libremente designados por el titular de la instalación. Los profesionales que las revisen estarán obligados a elaborar un informe en el que se consigne y certifique expresamente los datos de los reconocimientos. En ellos, además, se especificará el cumplimiento de las condiciones reglamentarias o, alternativamente, la propuesta de las medidas correctoras necesarias. Los citados informes se mantendrán en poder del titular de las instalaciones, quien deberá enviar copia a la Administración competente.
- Al tratarse de una instalación de Autoconsumo sin excedentes (sin probabilidad de inyección de energía a la Red de Distribución), solamente existe un sujeto desde el punto de vista de la ordenación del suministro, el sujeto consumidor. Por tanto, en este caso la instalación de producción **NO debe inscribirse en el Registro Administrativo de Instalaciones de producción de energía eléctrica.**
- Por ser una instalación acogida a la modalidad de autoconsumo sin excedentes según el Real Decreto-Ley del 15/2018, del 5 de octubre, y el Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, estará **exenta de obtener permisos de acceso y conexión a la red de distribución.**

Estudio de una instalación fotovoltaica de 100 kW para autoconsumo sin excedentes en la cubierta de una nave industrial.



- La instalación a la que hace referencia el presente proyecto tiene una potencia de generación de 100 kW, por tanto, según el artículo 53.1 de la Ley 24/2013 **NO REQUIERE de autorización administrativa** y aprobación de proyecto previo a la construcción. Asimismo, se **REQUIERE** de autorización de explotación para su puesta en marcha.

- La instalación fotovoltaica a la que hace referencia el presente proyecto se clasifica como instalación generadora de energía renovable destinada a autoconsumo. Por tanto, tal y como se especifica en la Ley 5/2014, de 25 de julio, de la Comunidad de Castilla la Mancha (Artículo 202, apartado 4.a.2), **no es necesario la Declaración de Interés Comunitario previo informe de la Junta de Comunidades de Castilla la Mancha competente en materia de energía.**

- Tal y como se especifica en el Decreto 162/1990 de Impacto Ambiental, **No es necesario la Evaluación de Impacto Ambiental o Estimación de Impacto Ambiental.** [9]

1.4.1 Titular y promotor

- Titular y promotor..... CEBOLLAS TARAMAN
- Domicilio social:.....Calle La gineta S/N – km6
- Localidad:.....Tarazona de la mancha (Albacete)
- Código Postal:02100
- Teléfono:967480025
- CIF:B201402158

1.4.2 Emplazamiento

La instalación fotovoltaica estará ubicada coplanar sobre la cubierta sur de la nave industrial en la que se encuentra la cámara frigorífica, en el término municipal de *Tarazona de la Mancha (Albacete)*.

- Población:Tarazona de la Mancha
- Dirección:Calle La gineta S/N – km6
- CP:02100
- Longitud:1° 54' 32.3" O
- Latitud:39° 15' 0.07" N
- La referencia catastral de la parcela donde está ubicada la nave industrial en la que se va a realizar la instalación es:
02073A503020050000QI.

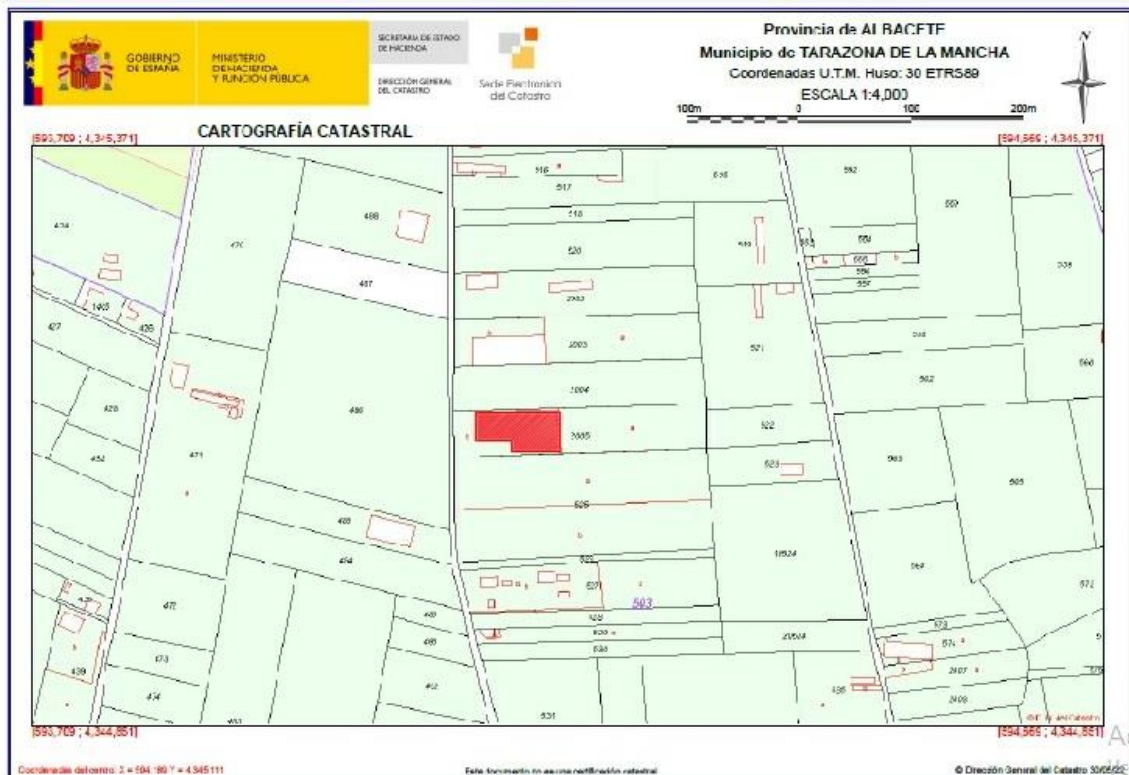


Ilustración 3. Mapa catastro parcela

La ilustración 3 es el mapa descargable del catastro virtual, en el que se ha hecho la consulta de la parcela y el numero catastral de la ubicación exacta de nave industrial que CEBOLLAS TARAMAN S.L. tiene en la localidad.

La parcela en cuestión, pertenece al polígono industrial “El romeral”, promovido por el Ayuntamiento de Tarazona de la Mancha”, con lo que cuenta con la denominación de **suelo urbano con dotaciones.**

Estudio de una instalación fotovoltaica de 100 kW para autoconsumo sin excedentes en la cubierta de una nave industrial.

1.4.3 Consumo Eléctrico nave industrial de cámara frigorífica

Actualmente CEBOLLAS TARAMAN S.L. tiene un contrato de suministro eléctrico para la nave de la cámara frigorífica con una tarifa de acceso 3.0A, tal y como se muestra a continuación:

- CUPS: ES 0021 0000 1558 6998 WX
- Peaje de acceso a la red (ATR): 3.0A
- Potencia contratada: PP: 80 kW PLL: 80 kW PV: 80 kW
- Referencia de contrato de suministro: 383402293
- Compañía distribuidora: IBERDROLA DISTRIBUCION ELECTRICA, S.A.U.
- Descripción del suministro: NAVE INDUSTRIAL

A continuación, en la ilustración 4 se muestra la evolución de consumo en el periodo de 2021.

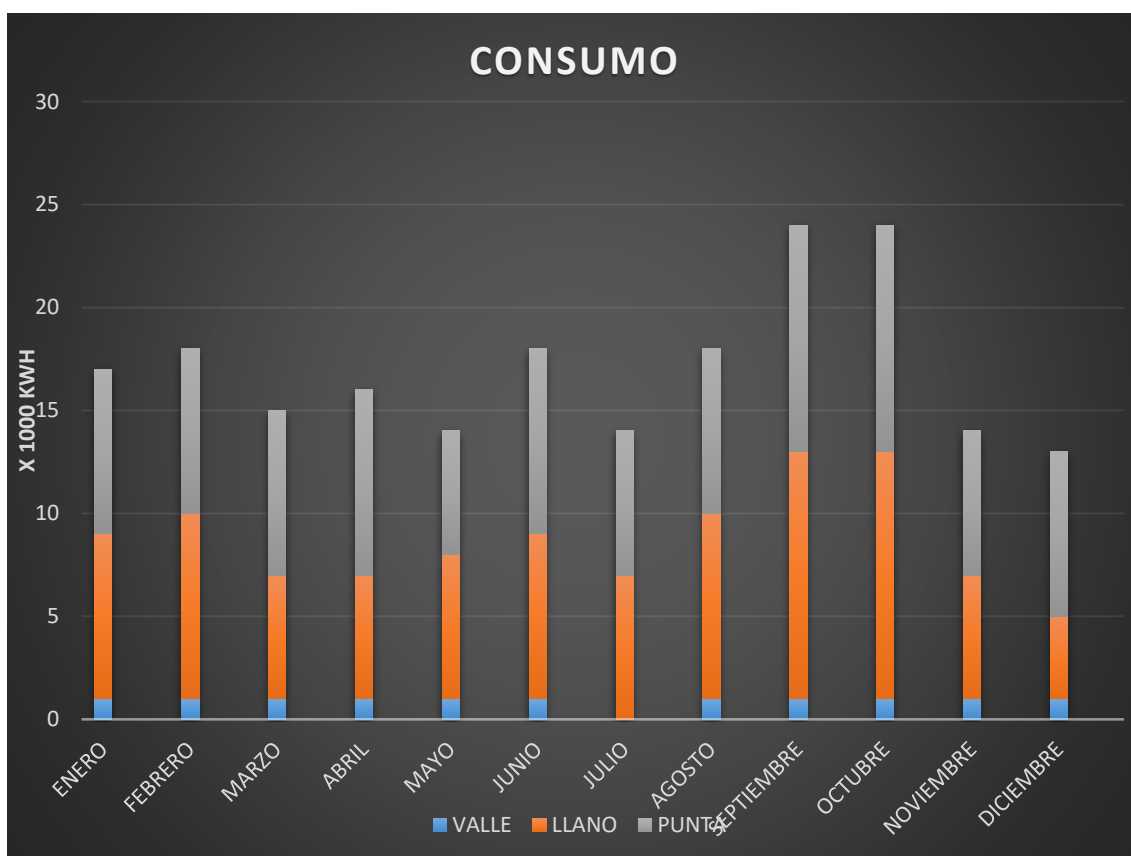


Ilustración 4. Consumo anual. 2020

Estudio de una instalación fotovoltaica de 100 kW para autoconsumo sin excedentes en la cubierta de una nave industrial.

En la ilustración 5 se ve el perfil de consumo horario semanal de un mes de consumo típico.

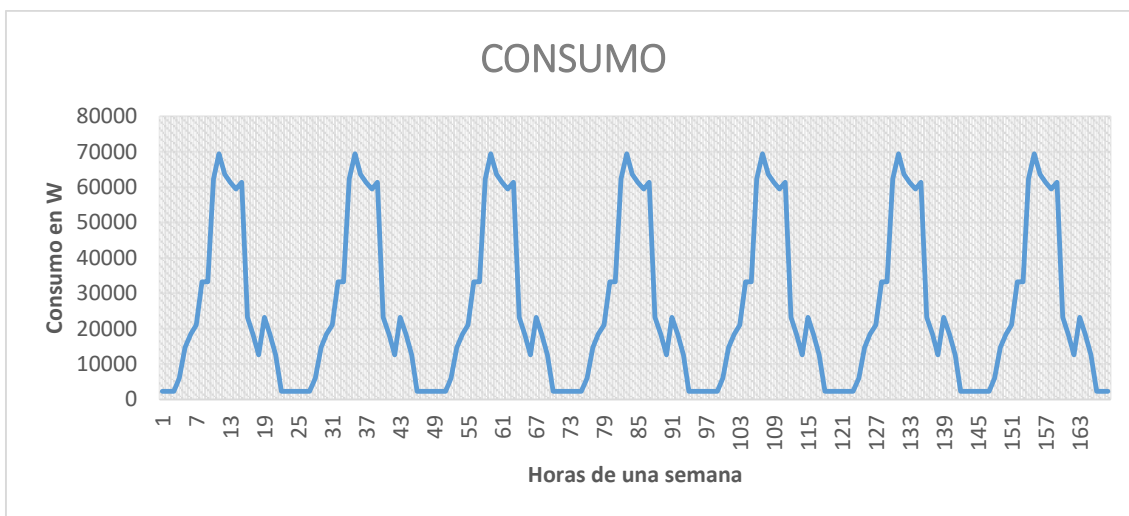


Ilustración 5. Consumo horario típico

En la ilustración 6 se ve el perfil de consumo horario semanal de un mes de consumo atípico (Mayor a los meses normales).

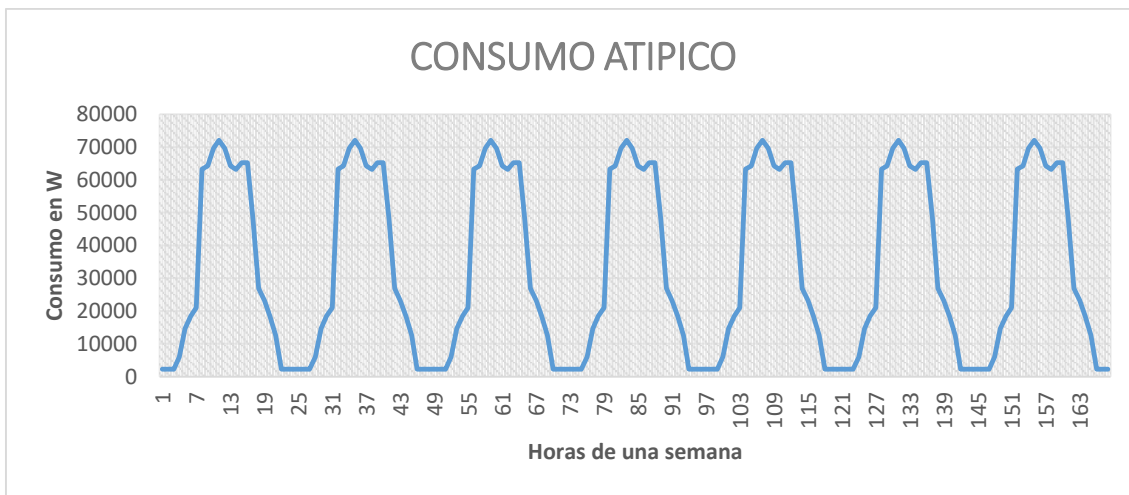


Ilustración 6. Consumo horario atípico

Este consumo se suele dar en meses con mayor trasiego de camiones y de carga y descarga de producto, pues la cámara se abre muchas más ocasiones.

Estudio de una instalación fotovoltaica de 100 kW para autoconsumo sin excedentes en la cubierta de una nave industrial.



1.4.3 Normativa aplicable

El siguiente documento reúne las características técnicas de los medios materiales, los cálculos justificativos para su empleo y la manera de ejecutar las obras a realizar, cumpliendo las siguientes disposiciones:

Real Decreto Ley 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo. El objeto de este Real Decreto de Autoconsumo es regular estos aspectos que habían quedado abiertos tras la publicación del **RDL 15/2018**, relacionados con configuraciones de medida, condiciones administrativas y técnicas para conexión a red, los mecanismos de compensación de excedentes para las instalaciones de autoconsumo que se les permita, así como la organización de un registro de autoconsumo administrativo sencillo.

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

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

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

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

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

Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

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

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

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

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

Estudio de una instalación fotovoltaica de 100 kW para autoconsumo sin excedentes en la cubierta de una nave industrial.



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

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

1.5 DESCRIPCION DE LA INSTALACION

La instalación fotovoltaica que se va a diseñar estará destinada a la generación de energía eléctrica. Dicha instalación estará compuesta por módulos fotovoltaicos conectados eléctricamente entre sí, en la salida de corriente continua de los mismos estará situado el inversor. Este será el encargado de convertir la corriente continua que son capaces de generar los módulos fotovoltaicos en corriente alterna trifásica con las mismas características que la que nos alimenta la red eléctrica, en las condiciones que estipule la compañía distribuidora.

La instalación proyectada consistirá en un generador de energía eléctrica de 100 kWp. La instalación fotovoltaica estará constituida por 240 módulos fotovoltaicos de 415 Wp, instalados de manera coplanar en la cubierta sur de la nave industrial que la compañía posee en el término municipal de *Tarazona de la Mancha*.

La instalación contará con 1 inversor de 100 kWn, que será ubicado en la parte interior de la nave industrial, en un lugar cercano al cuadro general de baja tensión, a partir de ahora "CGBT".

La función principal de este inversor será la de cambiar el régimen de corriente continua, a partir de ahora "CC", a corriente alterna, a partir de ahora "CA". Generando la potencia antes descrita de 100 kWn de potencia en Baja Tensión, a 400V. Siguiendo el flujo de la corriente desde el inversor y a la salida del mismo se instalará un cuadro de protecciones, instalado próximo a este y colgado de la misma pared, según indica el RGBT. Desde este cuadro la corriente se dirigirá al cuadro existente de Baja Tensión que la nave industrial tiene ya instalado.

En este lugar se instalará el sistema anti vertido, para garantizar que no se vierte energía a la red, ya que se trabajara con la modalidad de autoconsumo sin excedentes. Dicho aparato analizará los consumos de la nave industrial, y los comparará con la generación de la instalación, regulando la potencia generada y asegurando el no vertido a la red.



1.5.1 Clasificación

Real Decreto Ley 244/2019, respeta los tipos de autoconsumo del **Real Decreto Ley 15/2018**, pero aparecen subdivisiones en el tipo de autoconsumo con excedentes según la modalidad de acogida o no a compensación.

La instalación objeto de este documento se clasifica dentro del grupo de autoconsumo sin excedentes que, según el artículo 4, se define de la siguiente manera:

a) Modalidad de suministro con autoconsumo sin excedentes. Corresponde a las modalidades definidas en el artículo 9.1.a) de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre. En estas modalidades se deberá instalar un mecanismo anti vertido que impida la inyección de energía excedentaria a la red de transporte o de distribución.

En este caso existirá un único tipo de sujeto de los previstos en el artículo 6 de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, que será el sujeto consumidor.

Como el caso que se ocupa se trata de una instalación sin excedentes, no se puede considerar de producción, sino de generación.

Las instalaciones de generación están exentas de la autorización administrativa previa que establece el artículo 53.1 de la Ley 24/2013.

Para la legalización de la instalación se precisa únicamente comunicación de su puesta en servicio para el registro de instalaciones de autoconsumo.

1.5.2 Generador fotovoltaico

El panel solar elegido para la instalación es el REGITEC RMH54/415S, está compuesto por 108 células de alta eficiencia de tecnología monocristalino garantizando una producción muy alta para las instalaciones fotovoltaicas. Para proteger las células fotovoltaicas, estas se encuentran incrustadas entre una protección de cristal endurecido y templado y alta transmisividad y láminas de TPT y EVA. El marco es de aluminio anodizado, que proporciona una alta resistencia al viento y a los esfuerzos y con unos accesos sencillos de montaje. Los perfiles posteriores están equipados con agujeros de drenaje. De esta forma se elimina el riesgo de que el agua de nieve pueda acumularse en el interior del perfil y pueda congelarse produciendo daños. Cableado con sistema de conexión rápida tipo MC4. Certificado bajo IEC61215, TUV class II, CE, ISO9001:2000, ISO14001, AHOSAS18001.

Estudio de una instalación fotovoltaica de 100 kW para autoconsumo sin excedentes en la cubierta de una nave industrial.

La instalación albergará un total de 10 series de 24 módulos, cada una de las series ira directamente conectada a una de las 10 entradas MPPT que el inversor elegido tiene. Por ello se elimina la necesidad de cajas de strings intermedias. En total la instalación costara de 240 paneles de 415 Wp, lo que nos da una potencia instalada de 99.6 kWp.

Las principales características eléctricas del módulo son:

- Potencia nominal (Pmpp)415 Wp
- Tensión a circuito abierto (Voc)37.45 V
- Intensidad cortocircuito (Isc)14.02 A
- Voltaje Max potencia (Vmp)31.61 V
- Intensidad a Max potencia (Imp)13.13 A
- Eficiencia del módulo21.3 %
- Tolerancia de potencia(0, +4.99 W)
- Máxima tensión del sistema1500 Vdc
- Máxima intensidad por serie25 A
- Dimensiones externas1755 x 1134 x 30 mm
- Peso21.5 kg
- N° de células por modulo108 células
- Coef. Temperatura Pmax-0.35 %/°C
- Coef. Temperatura Voc-0.275%/°C
- Coef. Temperatura Isc+0.045%/°C

Dichas características están referidas a las condiciones estándar (STC):

- Irradiancia1000 W/m²
- Temperatura celda25°C
- EspectroAM 1.5

Current-Voltage & Power-Voltage Curves (RMH54-415S1)

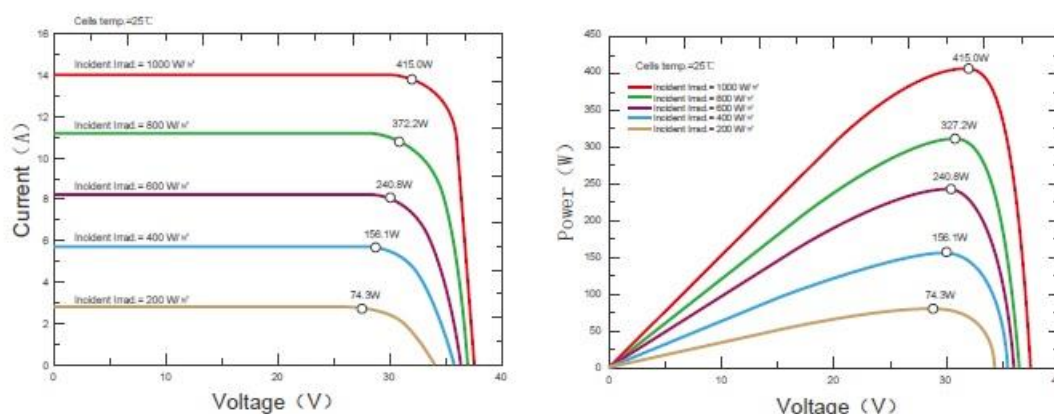


Ilustración 7. Curvas características módulos

Estudio de una instalación fotovoltaica de 100 kW para autoconsumo sin excedentes en la cubierta de una nave industrial.

En la ilustración 7 se pueden ver las curvas características del módulo fotovoltaico, en la primera es la curva corriente tensión y la segunda dibuja la potencia frente al voltaje para distintos módulos de la misma marca

Características físicas del panel fotovoltaico:

- Dimensiones1722x1134x30mm
- Peso21.5Kg
- Células solares.....Monocristalinas 182mm (108 celdas)
- Cristal frontalAR cristal templado 3.2 mm
- Caja uniónIP68
- Cables de salida 4.0mm², 1200mm (+), 1200mm(-)
- ConectorCompatible con MC4.

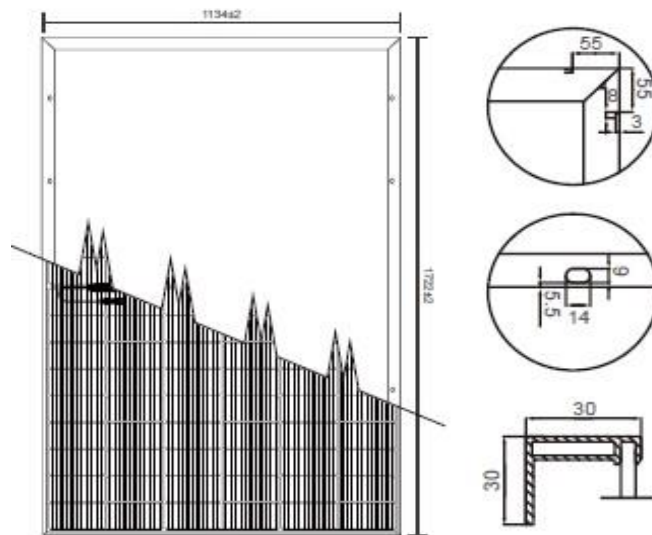


Ilustración 8. Croquis módulos solares

La ilustración 8 muestra las dimensiones propias del módulo solar que se ha elegido para la instalación.

La placa fotovoltaica incorpora la tecnología PERC (Passivated Emitter Rear Cell), se trata de un tipo de célula que contiene una capa reflectante entre el silicio y el aluminio. Esta capa ayuda a que se produzca reflexión y parte de la radiación no penetra



1.5.3 Acondicionamiento de potencia. Inversor

Como bien se sabe, las placas solares fotovoltaicas generan energía eléctrica en corriente continua (CC). La principal misión de los equipos inversores es adaptar esa energía eléctrica de corriente continua a corriente alterna, con las mismas características que la que nos suministra la red eléctrica, en este caso 400Vac. Además de generar una onda sinusoidal, los equipos inversores generan un sistema trifásico equilibrado, adaptando la potencia generada a los sistemas convencionales de distribución de energía eléctrica.

El inversor elegido será el *HUAWEI SUN2000 – 100KTL-M1*. Inversor preparado para trabajar con tensiones de entrada de hasta 1100 V en el lado de corriente continua.

El inversor opera automáticamente y controla el arranque y parada del mismo. Incorpora un sistema avanzado de seguimiento de la potencia máxima (MPPT) para maximizar la energía obtenida de los paneles fotovoltaicos. Para minimizar las pérdidas durante el proceso de inversión, usa tecnología de conmutación mediante transistores bipolares de puerta aislada (IGBT's). Se pueden paralelizar múltiples inversores para instalaciones de más potencia.

El inversor está diseñado acorde con la normativa europea, cumple por lo tanto todos los requisitos CE, así como la normativa aplicable y está certificado por TÜV Rheinland.

El inversor cumple con la normativa europea aplicable a estos equipos, contando con las siguientes protecciones:

- Protección de máxima y mínima tensión (1,1 y 0,85 Um, respectivamente).
- Protección de máxima y mínima frecuencia (51 y 49 Hz. respectivamente).
- Transformador de separación galvánica.
- Protección contra funcionamiento en modo isla.
- Protección contra sobretensiones.
- Control de aislamiento.



En la tabla 1 se ven las principales características del inversor *HUAWEI SUN2000 – 100KTL-M1* son:

EFICIENCIA	
MAX EFICIENCIA	98.8% - 480V; 98.6% - 380V/400V
EFICIENCIA EUROPEA	98.6% - 480V; 98.4% - 380V/400V
ENTRADA	
MAX. TENSION ENTRADA	1100 V
MAX. INTENSIDAD POR MPPT	26 A
MAX INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO	40 A
TENSION DE ENTRADA INICIAL	200 V
RANGO DE TENSION DE OPERACIÓN MPPT	200 V - 1000 V
TENSION NOMINAL DE ENTRADA	570V; 600V; 400V; 720V;
NUMERO DE ENTRADAS	20
NUMERO DE MPPTs	10
SALIDA	
POTENCIA NOMINAL ACTIVA DE CA	100,000 W
MAX POTENCIA APARENTE DE CA	110,000 VA
MAX POTENCIA ACTIVA DE CA ($\cos\varphi=1$)	110,000 W
TENSION NOMINAL DE SALIDA	220 V/230 V; 380 V/400 V/ 480 V 3W+PE
FRECUENCIA NOMINAL DE RED CA	50 Hz/60Hz
INTENSIDAD DE SALIDA NOMINAL	152.0 A @ 380V; 144.4 A@ 400V;
MAX. INTENSIDAD DE SALIDA	168.8 A @ 380V; 160.4 A @ 400V;
FACTOR DE POTENCIA AJUSTABLE	0.8 LG...0.8 LD
MAX DISTORSION ARMONICA TOTAL	<3%
PROTECCIONES	
DISPOSITIVO DESCONEXION LADO CC	SI
PROTECCION CONTRA FUNCIONAMIENTO EN ISLA	SI
PROTECCION CONTRA SOBREENSIDAD CA	SI
PROTECCION CONTRA POLARIDAD INVERSA DE CC	SI
MONITORIZACION FALLAS DE STRINGS	SI
PROTECCION CONTRA SOBRETENSIONES CC	TIPO II
PROTECCION CONTRA SOBRETENSIONES CA	TIPO II
DETECCION DE AISLAMIENTO DE CC	SI
UNIDAD MONITORIZACION INTENSIDAD RESIDUAL	SI
COMUNICACIONES	
MONITORIZACION FALLAS DE STRINGS	INDICADOR LED, BLUETOOTH/WLAN + APP
USB	SI
RS485	SI
MBUS	SI
-----	-----
-----	-----

Estudio de una instalación fotovoltaica de 100 kW para autoconsumo sin excedentes en la cubierta de una nave industrial.

GENERAL	
DIMENSIONES (ANCHO X ALTO X PROFUNDIDAD)	1035 X 700 X 365 mm
PESO	90 Kg
RANGO DE TEMPERATURA DE OPERACIÓN	desde -25°C hasta 60°C
ENFRIAMIENTO	VENTILACION INTELIGENTE
ALTITUD OPERACIÓN	4000m
HUMEDAD RELATIVA	0 a 100%
CONECTOR DE CC	STAUBLI MC4
CONECTOR DE CA	RESISTENTE AL AGUA + OT/DT TERMINAL
CLASE DE PROTECCION	IP66
TOPOLOGIA	SIN TRANSFORMADOR
CERTIFICADOS	EN62109-1/-2 , IEC 62109-1/-2 , EN 50530 , IEC 62116, IEC 61727 , IEC 60068.

Tabla 1. Características inversor

1.5.4 Características del campo fotovoltaico

Los generadores fotovoltaicos se han configurado para que se optimice el rendimiento del inversor, en función de la potencia de entrada y la tensión de máxima potencia.

Las características eléctricas de la instalación fotovoltaica son las siguientes:

- N° total de inversores1
- Potencia fotovoltaica instalada99.6 kWp
- Numero de módulos por serie24
- Numero de series por inversor10
- Número total de módulos240

1.5.5 Estructura soporte

La estructura metálica sobre la que se situaran los módulos fotovoltaicos sirve para sostener el modulo en posición optima de captación de radiación solar. En este caso solamente la se utilizará para fijarla a la cubierta de la nave industrial, pues esta tiene una inclinación óptima para la captación de la radiación. La utilización de una estructura adecuada facilita las labores de instalación y mantenimiento, minimiza la longitud del cableado, evita problemas de corrosión y mejora la estética de la instalación su conjunto.

La estructura coplanar con la cubierta de la nave industrial es una solución muy recurrida, ya que se necesita menos estructura, al utilizar la inclinación misma de la misma, además de que se minimizan las tensiones que podría generar por ejemplo una instalación en vela, en la que el viento ejerce una fuerza muy grande cuando es fuerte o a rachas.

Estudio de una instalación fotovoltaica de 100 kW para autoconsumo sin excedentes en la cubierta de una nave industrial.



Se tendrá en consideración al colocar los soportes y las mismas placas solares que no se sobrecargará la estructura misma de la cubierta.

La fijación de la estructura portante para la instalación fotovoltaica se realizará sobre las correas que sujetan las chapas de panel sándwich, estas correas esta situadas a 1.5 m de distancia y sobre ellas se va a atornillar los soportes de las estructuras, estos soportes irán directamente atornillados a las correas, incluyendo en ellos una junta de estanqueidad, que nos ayudara a evitar que la humedad o el agua de la lluvia entren por los orificios por los que se abren paso los tirafondos que se fijan a las correas, con los soportes fijados solo nos queda anclar a ellos los perfiles que harán de estructura soporte para colocar sobre ellos las placas solares.

Los módulos fotovoltaicos se fijarán a un sistema de montaje que cumpla estrictamente con la garantía del fabricante para las condiciones de la estructura soporte, cargas de viento, succión, nieve, etc. La estructura elegida será de acero galvanizado, material resistente a la corrosión y con un buen compromiso calidad-precio. Además, esta estructura estará correctamente anclada a las cerchas y las vigas soporte de la cubierta de la nave.

Estará eléctricamente unida a una toma de tierra, y asegurará un buen contacto eléctrico entre el marco y el modulo y la tierra para permitir la protección de las personas frente a posibles pérdidas de aislamiento en el generador.

Debe cumplir con la normativa:

- ASTM A123: Standard Specification for Structural Steel Products.
- ASTM A153: Standard Specification for Zinc Coating (Hot-Dip) on Iron and Steel Hardware .
- ASTM A385: Standard Practice for Providing High-Quality Zinc Coatings (Hot-Dip)
- ASTM A653: Standard Specification for Steel Sheet, Zinc-Coated (Galvanized) or Zinc- Iron Alloy Coated (Galvannealed) by the Hot-Dip Process .
- ASTM A767: Standard Specification for Zinc-Coated (Galvanized) Steel Bars for Concrete

Reinforcement.

- ASTM A780: Standard Practice for Repair of Damaged and Uncoated Areas of Hot-Dip Galvanized Coatings .
- ASTM A902: Standard Terminology Relating to Metallic Coated Steel Products .

Estudio de una instalación fotovoltaica de 100 kW para autoconsumo sin excedentes en la cubierta de una nave industrial.

- ASTM D6386-99: Standard Practice for Preparation of Zinc (Hot-Dip Galvanized) Coated Iron and Steel Product and Hardware Surfaces for Painting.



Ilustración 9. Detalle fijación módulos

La ilustración 9 muestra en detalle la fijación de los soportes para módulos fotovoltaicos que se van a colocar en la cubierta de la nave industrial. Los soportes irán atornillados a las correas de la estructura original dicha nave.

1.5.6 Cableado

La instalación cumple con todas las consideraciones técnicas expuestas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (en adelante, REBT) sobre instalaciones generadoras de baja tensión.

Para el cálculo de la sección de los conductores, se tendrán en cuenta los criterios de Caída de tensión y de Intensidad máxima admisible o calentamiento. Se utilizará cable de cobre flexible unipolar y de aluminio, con aislamiento de XLPE y cubierta de PVC o similar, y su sección será la suficiente para asegurar que las pérdidas por caída de tensión en cables y cajas de conexión sean inferiores al 1,5% en el tramo CC y al 1,5% en el tramo CA. Todos los cables serán adecuados para uso en intemperie, al aire o enterrado, cumpliendo la norma UNE 21123.

Estudio de una instalación fotovoltaica de 100 kW para autoconsumo sin excedentes en la cubierta de una nave industrial.



EL inversor propuesto permite la conexión directa de las series mediante conector compatible MC4.

Las canalizaciones tendrán las secciones aconsejadas por la ITC-BT-21 (tablas 2 y 9), además de satisfacer la norma UNE-EN 50.086. En cualquier caso, la sección interior será, como mínimo, igual a 2,5 veces la sección ocupada por los conductores. En general, para el cableado correspondiente al tramo de CA, es decir, el que transcurre desde el armario de protecciones de CA y el armario de interconexión, se seguirá lo dispuesto en la ITC-BT-19.

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

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

1.5.7 Protecciones

El sistema contará, con las siguientes medidas de protección, cumpliendo con lo especificado en el REBT.

Un elemento de corte general: Para proporcionar aislamiento sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores e instalaciones frente al riesgo eléctrico.

Un Interruptor automático diferencial: Para proteger a las personas en el caso de derivación de algún elemento a tierra.

- Se ubicará en la instalación del productor y será acorde a lo indicado en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
- En particular, la protección diferencial cumplirá lo indicado en la ITC-BT-25, por lo que su intensidad diferencial-residual máxima será de 300 mA.

Interruptor automático de la conexión: Para la desconexión-conexión automática de la instalación en caso de anomalía de tensión o frecuencia de la red, junto a un relé de enclavamiento. Esta protección está incluida en las protecciones internas de los inversores

- Dicho interruptor estará ubicado en la instalación del productor.
- De acuerdo a la ITC-BT-01 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, un interruptor automático es aquel capaz de establecer, mantener e interrumpir las intensidades de corriente de servicio, o de establecer e interrumpir automáticamente, en condiciones predeterminadas, intensidades de corriente anormalmente elevadas, tales como las corrientes de cortocircuito. La función de este interruptor es la

Estudio de una instalación fotovoltaica de 100 kW para autoconsumo sin excedentes en la cubierta de una nave industrial.



desconexión del generador en caso de actuación de las protecciones voltimétricas de la instalación.

- En consecuencia, se entiende que ambas funciones pueden ser cubiertas por dos elementos, un interruptor automático de la instalación, con protección contra sobrecorrientes y capacidad de corte de cortocircuitos, y un elemento de corte del generador, con capacidad de corte en carga, sobre el que actúen las protecciones voltimétricas y los automatismos de conexión y desconexión.

En caso de actuación de la protección de máxima frecuencia, la reconexión sólo se realizará cuando la frecuencia alcance un valor menor o igual a 50 Hz.

Protecciones incluidas en el inversor:

- Interruptor de CC de entrada.
- Protección contra islas eléctricas.
- Protección ante sobrecorriente de salida.
- Protección ante conexión inversa de entrada.
- Detección de fallo de la cadena fotovoltaica.
- Protección contra sobretensión de CA (tipo II).
- Protección contra sobretensión de CC (tipo II).
- Detección de resistencia de aislamiento.
- Monitorización de corriente residual (RCMU).
- Categoría de sobretensión PV II / AC III.

Estas protecciones actuarán preferentemente sobre el elemento de corte del generador, si bien pueden actuar sobre el interruptor automático de la instalación cuando este admita disparos externos y permita realizar la reconexión automática.

Las protecciones deberán disponer de los medios que permitan el precintado por la empresa distribuidora tras las verificaciones necesarias.

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

- Interruptor automático magneto térmico, de menor poder de corte que el interruptor general, para la protección de la línea del inversor en caso de cortocircuitos de menor magnitud.

Estudio de una instalación fotovoltaica de 100 kW para autoconsumo sin excedentes en la cubierta de una nave industrial.



- Protección contra sobretensiones inducidas tipo II en el tramo de CA. Para la protección en el tramo de CC, se hará uso de las protecciones integradas en el equipo inversor.

Por otra parte, para garantizar unos niveles de protección adecuados frente a contactos directos e indirectos, los módulos fotovoltaicos, cables y cajas de conexión de la parte CC de la instalación contarán con aislamiento clase II. Para complementar esta actuación, el inversor seleccionado incorpora un controlador permanente de aislamiento, el cual permite detectar la ocurrencia de un primer defecto a tierra. En este caso, el equipo se desconecta y se activa una alarma visual en el equipo.

1.5.8 Sistema limpieza de los paneles solares

La instalación fotovoltaica se va a colocar en la cubierta de una nave industrial, esta nave se encuentra a las afueras del municipio y el camino que de acceso a ella no está asfaltado. Además de la nave en cuestión en el mismo camino hay infinidad de naves agrícolas e industriales y el tránsito de vehículos es constante, muchos de ellos son tractores y camiones de gran tonelaje. Como sabemos que la suciedad sobre los paneles solares reduce de una manera significativa la producción y la localización de la instalación es propensa a crear nubes de polvo en suspensión por el estado del camino y el tráfico que tiene, se va a instalar en la misma cubierta unos eyectores de agua a presión para cada cierto tiempo limpiar o reducir la posible suciedad que se pose sobre los módulos.

Esta instalación consta de unos aspersores que lanzan agua a presión sobre los módulos para reducir la suciedad y las partículas que se puedan acumular sobre ellos. La nave posee una conexión de agua de la comunidad de regantes de la zona, que está preparada para abastecer con agua a presión las explotaciones de los alrededores, por lo que la presión de agua para los aspersores está más que garantizada.

El sistema es sencillo pero efectivo, con una llave de paso manual se alimenta una tubería de agua que lleva la presión hasta la parte alta de la cubierta, sin necesidad de instalar bombas intermedias que eleven la presión.

Se aconseja a los propietarios de la instalación que realicen un lavado de aproximadamente 15 minutos una vez por semana, de esta forma se garantiza que los paneles solares se mantienen libres de suciedad y que la generación eléctrica no se ve afectada por la zona en que se encuentra la instalación.

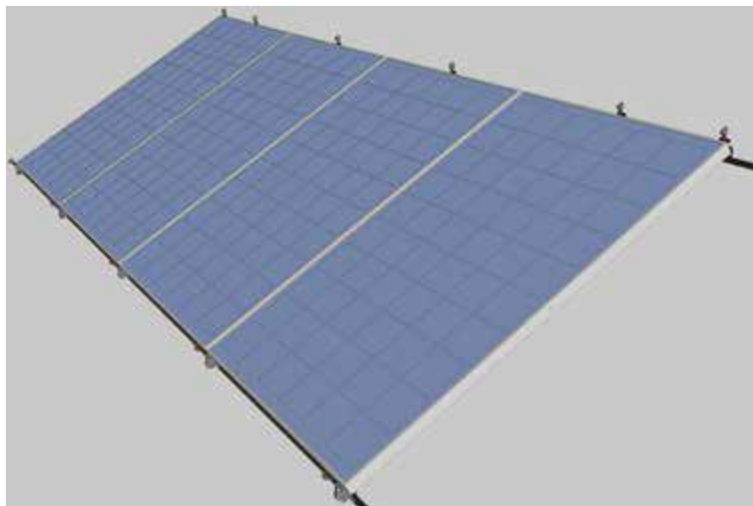


Ilustración 10. Detalle lavado módulos

La ilustración 10 muestra en detalle la colocación de los aspersores colocados en la parte alta de los módulos para la limpieza de los mismos.

1.5.9 Contador

La instalación dispondrá de un contador bidireccional en el punto de frontera, según lo establecido en el punto 2 del artículo 10 del RD 244/2019: *“Con carácter general, los consumidores acogidos a cualquier modalidad de autoconsumo deberán disponer de un equipo de medida bidireccional en el punto frontera o, en su caso, un equipo de medida en cada uno de los puntos frontera.”*

1.5.10 Monitorización

El inversor que se va a instalar posee capacidad de monitorización y comunicaciones mediante unidades de control. Esta unidad proporciona una lectura de corriente por serie y de tensión por serie. También mide la potencia nominal de salida, la acumulada, las horas de funcionamiento y un largo etcétera.

Con esta interesante característica del monitorizado por serie se puede detectar rápidamente cualquier problema que se genere, ya sea por el paso del tiempo o por un incidente.

Con ayuda de la monitorización, el inversor es capaz de adaptar la salida de potencia al consumo que se requiere, por tanto, mientras el consumo sea menor o igual a la potencia que puede dar el generador este se adapta a ese consumo, cuando el consumo es 0 el generador se desactiva y del mismo modo, cuando la generación es mayor al consumo para no verter a red, este saca los módulos del punto MPPT para adaptarse al consumo y no verter.



1.6 DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD

1.6.1 Clasificación de la actividad

Se puede clasificar la actividad a la que va dirigida este documento como ACTIVIDAD INOCUA (Es aquella actividad que por su naturaleza, carácter y condiciones de funcionamiento no pueda previsiblemente producir molestias, afectar a las normales condiciones de salubridad e higiene, o implicar daños o riesgos graves a personas o bienes).

1.6.2 Impacto ambiental

El autoconsumo fotovoltaico genera electricidad de forma renovable y 100% limpia. Es un factor decisivo para contribuir a la transición energética y frenar el cambio climático.

La instalación objeto de este proyecto puede aprovechar de una manera muy eficiente la generación fotovoltaica, ya que podremos programar el arranque de la planta frigorífica en las horas del día en que la instalación fotovoltaica genera electricidad, con ello, lograremos que las necesidades energéticas se cubran en la medida de lo posible con ella. Reduciendo la necesidad de adquirir la energía de la red y rentabilizar nuestra inversión en un plazo menor.

Sabiendo que:

$$1,562.4 \text{ lb CO}_2/\text{MWh} \cdot (4.536 \times 10^{-4} \text{ toneladas métricas/lb}) \cdot 0.001 \text{ MWh/kWh} \\ = \underline{7.09 \cdot 10^{-4} \text{ toneladas métricas de CO}_2/\text{kWh}}$$

(datos de la tasa de emisión marginal de CO₂ promedio ponderada de los EE. UU de AVERT del año 2019)

La instalación solar fotovoltaica genera: 157839 kWh de energía eléctrica anualmente, de ella, la nave industrial es capaz de consumir: 204099 kWh. Por ello podemos decir que cuando esté plenamente operativa podríamos reducir 70 toneladas de CO₂ anuales. AL mismo tiempo, el ahorro de 1750 toneladas de CO₂ durante la vida útil de nuestra planta solar generadora.

1.6.3 Balance energético y medioambiental

Se sabe muy de primera mano que la estimación de radiación a considerar debe ser la anual, de tipo incidente sobre una superficie horizontal calculada por el simple y sencillo procedimiento de suponer que coincide con el valor medio medido en el pasado, a lo largo de un número suficiente de años.

Estudio de una instalación fotovoltaica de 100 kW para autoconsumo sin excedentes en la cubierta de una nave industrial.

Para estudiar el recurso solar de la zona donde se va a realizar nuestra instalación y poder calcular así la producción energética de la misma se ha realizado la simulación con PVGIS 5.2, [5] utilizando la base de datos de radiación solar PVGIS – SAHARA2, los resultados se ven en la Tabla 2:

Entradas proporcionadas :	
Ubicación [Lat./Long] :	39.264,-1.912
horizonte :	Calculado
Base de datos utilizada :	PVGIS-SARAH2
Tecnología fotovoltaica :	silicio cristalino
FV instalada [kWp]:	99.7
Perdida del sistema [%]:	14
Resultados de simulación :	
Angulo de inclinación [°]:	30
Angulo de acimut [°]:	0
Producción anual de energía fotovoltaica [kWh]:	157426.39
Irradiación anual en el plano [kWh/m ²]:	2121.18
Variabilidad interanual [kWh]:	4532.12
Cambios en la producción debido a :	
Angulo de incidencia [%]:	-2.64
Efectos espectrales [%]:	0.49
Temperatura y baja irradiancia [%]:	-11.53
Pérdida total [%]:	-25.56

Tabla 2. Resultados simulación PVGIS

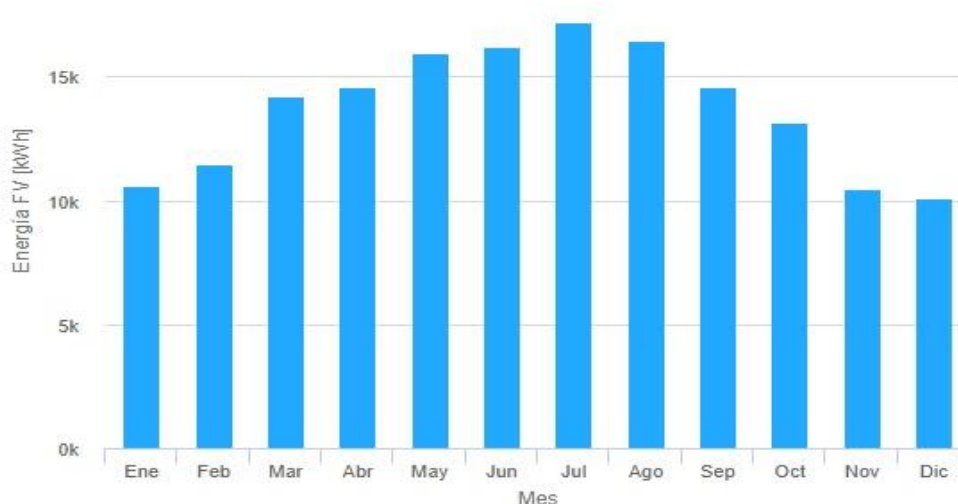


Ilustración 11. Producción fotovoltaica

La ilustración 11 muestra la producción anual de energía fotovoltaica para la instalación de estudio, simulada mediante la aplicación PVGIS.

Estudio de una instalación fotovoltaica de 100 kW para autoconsumo sin excedentes en la cubierta de una nave industrial.



1.6.4 Balance autoconsumo

	Consumo [kWh]	Producción [kWh]	Autoconsumo [kWh]	Excedentes [kWh]	Autoconsumo [%]
Ene	17254	10122	7591.5	0	75.00
Feb	18136	11035	8055.55	0	73.00
Mar	14956	13654	10513.58	0	77.00
Abr	16001	13965	10753.05	0	77.00
May	14198	15240	13716	0	90.00
Jun	18240	15420	12644.4	0	82.00
Jul	14401	16322	13547.26	0	83.00
Ago	18260	15630	12816.6	0	82.00
Sep	23105	13880	13463.6	0	97.00
Oct	22140	12551	9789.78	0	78.00
Nov	14260	10310	7526.3	0	73.00
Dic	13148	9710	6991.2	0	72.00
Anual	204099	157839	127408.82	0	79.92

Tabla 3. Balance autoconsumo

La Tabla 3 muestra el balance de autoconsumo de la instalación de estudio, el porcentaje de autoconsumo se ha calculado mediante simulación con la aplicación PVsol, introduciendo en la misma los datos de consumo de la nave industrial, así como las variables necesarias para dicho estudio.

A continuación, se puede ver en la ilustración 12 el balance energético arrojado por la aplicación antes mencionada.

Para continuar con la ilustración 13, en la que se puede ver los flujos de energía simulados por esta aplicación.

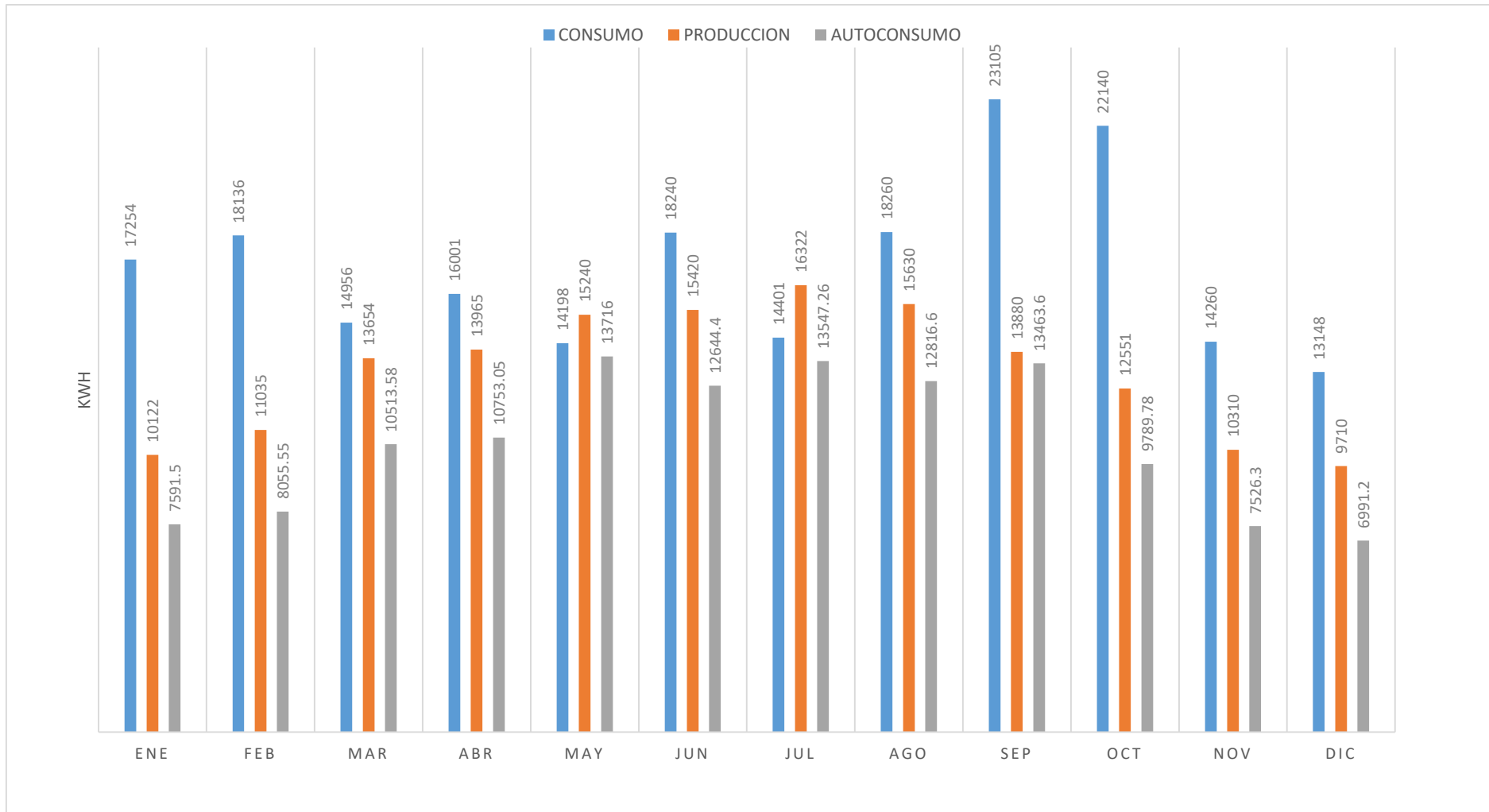


Ilustración 12. Balance energético

Estudio de una instalación fotovoltaica de 100 kW para autoconsumo sin excedentes en la cubierta de una nave industrial.

1.6.5 Esquema de FLUJO DE ENERGIA

A continuación, en la ilustración 13 se muestra el flujo de energía anual de la instalación fotovoltaica de Autoconsumo:

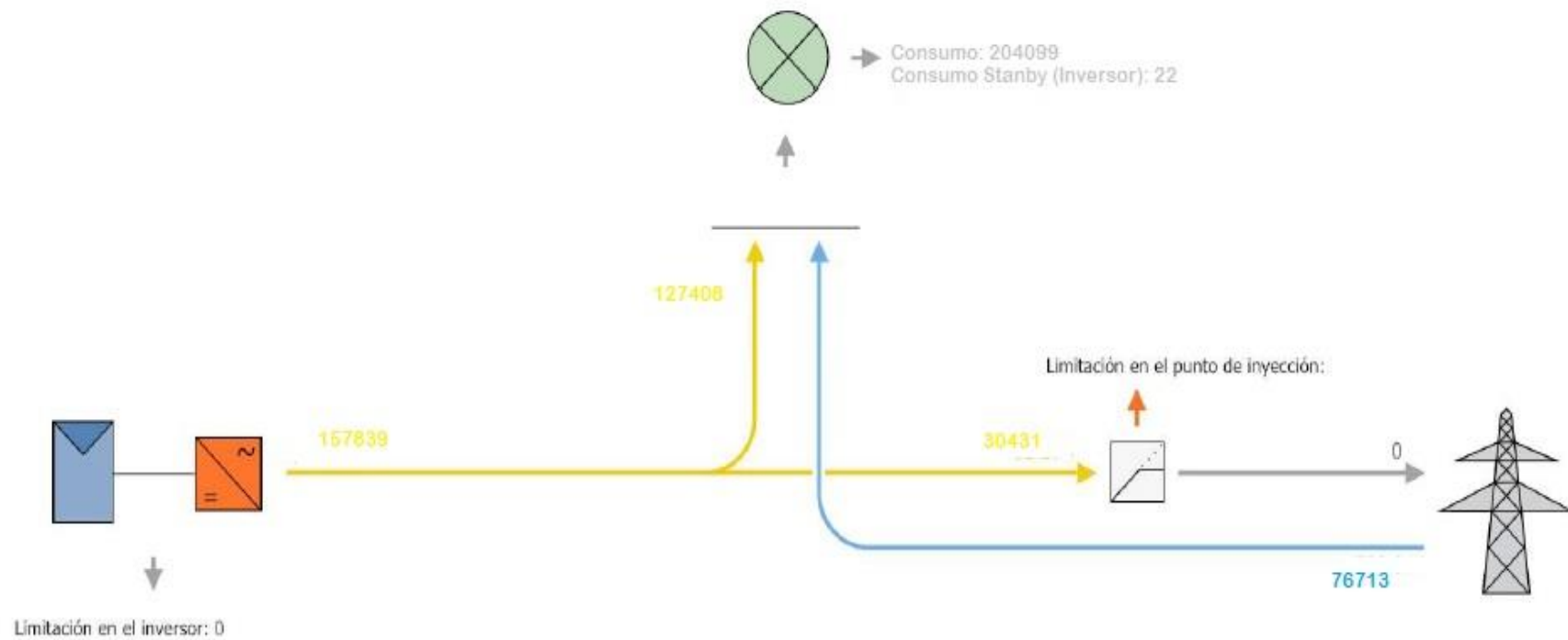


Ilustración 13. Flujo de energía

Estudio de una instalación fotovoltaica de 100 kW para autoconsumo sin excedentes en la cubierta de una nave industrial.

1.7 CALCULOS JUSTIFICATIVOS

1.7.1 Dimensionado del generador fotovoltaico

El dimensionado de la instalación fotovoltaica se ha realizado a partir de dos condiciones principales: El análisis del consumo de energía eléctrica que el cliente ha tenido durante los años previos a proyectar la planta y las necesidades y premisas que el mismo cliente tenía sobre la misma. Por ello se ha optado por un inversor de 100kW, en la Tabla 4 se puede ver las principales características de algunos de ellos que podemos encontrar en el mercado:

MARCA	MODELO	POTENCIA (kW)	Nº MPPT	PROTEC.	PRECIO (€)	GARANTIA
HUAWEI	SUN2000-100KTL	100	10	SI	6875.04	5
FRONIUS	TAURO ECO 100-3D	100	1	SI	8741.14	5
INGECON	100TL	100	1	SI	6187.5	5

Tabla 4. Elección inversor

Para esta instalación se ha escogido el modelo SUN2000-100KTL de HUAWEI, entre las principales razones de la elección están las siguientes:

- Un precio muy competente.
- 10 entradas MPPT, por lo que se puede evitar cajas de string intermedias y conectar directamente cada serie a una de las entradas MPPT por lo que nos será más sencillo en un futuro detectar o corregir un fallo ya que tiene monitorización por cada una de las series.
- Por instalaciones anteriores se sabe que el servicio post-venta de la marca es uno de los mejores del mercado.

Del mismo modo que con el inversor, para los módulos fotovoltaicos se ha realizado un estudio previo, Tabla 5, para elegir una placa que se ciñese a las necesidades de la instalación a estudio.

MARCA	MODELO	POTENCIA (W)	GARANTIA	REND. (%)	PRECIO (€/Wp)	PRECIO(€)
REGITEC	RMH54-405	405	25	20.8	0.228	92.34
REGITEC	RMH54-415	415	25	21.3	0.228	94.62
JINKO	TIGER PRO 72HC	525	12	20.36	0.252	132.3
JINKO	TIGER PRO 72HC	540	12	21.13	0.252	136.08
SUNLINK	SL4M144 435	435	12	20	0.243	105.7

Tabla 5. Elección módulos solares

Estudio de una instalación fotovoltaica de 100 kW para autoconsumo sin excedentes en la cubierta de una nave industrial.

En este caso para la elección del módulo se ha tenido en cuenta sobretodo el rendimiento del módulo, por ello nuestra elección es la placa REGITEC RMH54 – 415. Las características de ambos elementos eléctricos, además de otros descrito en los siguientes capítulos serán descritos en el apartado de anexos.

Elegidos los dos elementos más importantes se van a comenzar los cálculos de la instalación, las dimensiones de las mismas y los elementos de los que va a constar, como puede verse en la Tabla 6 y Tabla 7:

Nº de PFV por cada serie:

Introducir datos de los MFV		
Pot =	415	W
Voc =	37.45	V
Vmax =	31.61	V
α Voc =	-0.275	%

Introducir datos del INVERSOR		
Potencia invector =	100	kW
Ventana invector =	200 a 1000	V
I continua max =	260	A

Tabla 6. Datos modulo e invector

$$V_{OC\ max} = V_{OC} + (T_{C-10^{\circ}C} - 25) \cdot \left(\frac{\alpha_{VOC}}{100} \cdot V_{OC}\right) \quad (1)$$

$$V_{min} = V_{max} + (T_{C70^{\circ}C} - 25) \cdot \left(\frac{\alpha_{VOC}}{100} \cdot V_{OC}\right) \quad (2)$$

Voc max =	41.0545625	V
V min =	26.9755625	V
Paneles en serie:	24	
Voc max =	985.31	V
Vmax =	758.64	V
V min =	647.414	V
Potencia serie =	9960	W
Nº series =	10	

Total series =	10	
Total paneles =	240	Paneles
Pot. Entrada 1 =	9960	W
Pot. Entrada 2 =	9960	W
Pot. Entrada 3 =	9960	W
Pot. Entrada 4 =	9960	W
Pot. Entrada 5 =	9960	W
Pot. Entrada 6 =	9960	W
Pot. Entrada 7 =	9960	W
Pot. Entrada 8 =	9960	W
Pot. Entrada 9 =	9960	W
Pot. Entrada 10 =	9960	W
POT. Total pico =	99600	W

Tabla 7. Cálculos serie

Estudio de una instalación fotovoltaica de 100 kW para autoconsumo sin excedentes en la cubierta de una nave industrial.

1.7.3 Comprobación por intensidad

Una vez realizado el dimensionado de la instalación, cuando ya se tiene claro el número de paneles solares por serie y puesto que se va de cada uno de los 10 MPPT para una serie, lo siguiente sería la comprobación por intensidad.

Tomando el coeficiente de temperatura de la corriente de cortocircuito, que en este caso es de +0.045%/°C y sabiendo que el inversor tiene un máximo de corriente de cortocircuito por MPPT de 40 A, aplicando la siguiente fórmula tenemos:

$$I_{max} = (n^{\circ} \text{ series} \cdot I_{sc}) + ((\text{Coef. } t^{\circ} \text{ corto} \cdot (I_{sc}/100) \cdot n^{\circ} \text{ series} \cdot (T_{max} - 25^{\circ}C)) \quad (3)$$

$$I_{max} = (1 \cdot 14.02) + ((0.048 \cdot (\frac{14.02}{100}) \cdot 1 \cdot (60 - 25)) = 14.25 \text{ A}$$

14.25 A < 40 A → Cumple

1.7.4 Secciones de cableado

La instalación, en cualquiera de sus propuestas, cumple con todas las consideraciones técnicas expuestas en el REBT.

Para calcular la sección del cableado se van a utilizar dos criterios: Cálculo por capacidad térmica y Cálculo por caída de tensión. Ambos criterios están basados en el Efecto Joule. Para la elección final de la sección de cada tramo, se escogerá la mayor de las que nos de cada uno de los criterios anteriormente citados.

Se va a justificar ahora la sección y la caída de tensión para cada tramo. Siguiendo las especificaciones que marca el REBT se adoptará una caída de tensión máxima de 1.5% para el tramo 1 (lado CC) y una caída de tensión máxima del 2% para el tramo 2 (lado CA).

CRITERIO CAIDA DE TENSION

$$V_{cc} - int = N^{\circ} pfv - serie \cdot V_{mpp} = 24 \cdot 31.61 = 758.64 V \quad (4)$$

- **TRAMO 1:** Corresponde al tramo de cableado entre los finales de rama de cada serie y la entrada MPPT del inversor correspondiente, se calcula la caída de tensión para la longitud mayor de este tramo, que se da en el G1.1 y G2.1 (que tienen la misma longitud), las longitudes de las demás series son menores, por lo tanto, la caída de tensión también será menor, por ello tomamos esta como la más restrictiva. $L_{G1.1}=50.9m$.

$$S = \frac{200 \cdot P \cdot L}{Y_{90^{\circ}C} \cdot \Delta V\% \cdot V^2} = \frac{200 \cdot (24 \cdot 415) \cdot 50.9}{44 \cdot 1,5 \cdot 758.64^2} = 2.66 \text{ mm}^2 \rightarrow 4 \text{ mm}^2 \quad (5)$$

$$\Delta V\% = \frac{200 \cdot P \cdot L}{Y_{90^{\circ}C} \cdot 2.5 \cdot V^2} = \frac{200 \cdot (24 \cdot 415) \cdot 50.9}{44 \cdot 4 \cdot 758.64^2} = 1\% < 1.5\% \quad (6)$$

- **TRAMO 2:** Este tramo es la salida desde el inversor en CA hasta el cuadro de protección de BT de la instalación existente. El inversor se encuentra en la bajante de los cables de la instalación fotovoltaica, por tanto, el cable de CA tiene una $L_{T2}= 64m$, pues el CGBT está en la entrada de la nave industrial.

$$S = \frac{100 \cdot P \cdot L}{Y_{90^{\circ}C} \cdot \Delta V\% \cdot V^2} = \frac{100 \cdot (24 \cdot 415 \cdot 10) \cdot 64}{44 \cdot 2 \cdot 400^2} = 45.27 \text{ mm}^2 \rightarrow 50 \text{ mm}^2 \quad (7)$$

$$\Delta V\% = \frac{100 \cdot P \cdot L}{Y_{90^{\circ}C} \cdot S \cdot V^2} = \frac{100 \cdot (24 \cdot 415 \cdot 10) \cdot 64}{44 \cdot 50 \cdot 400^2} = 1,81\% < 2\% \quad (8)$$

$$\Delta V\%_{TOT} = 1 + 1.81 = 2.81\% < 3.5\% \quad (9)$$

CRITERIO CAPACIDAD TERMICA

El primer paso para calcular la sección del cable por el criterio de Capacidad térmica es hallar la corriente de cálculo I_B :

▪ TRAMO 1:

$$I_B = \frac{P}{V} = \frac{24 \cdot 415}{758.64} \cong 13.12 \text{ A} \cong I_{mpp} = 13.13 \text{ A} \quad (10)$$

$$T_1 = S_{T1} = 4 \text{ mm}^2 - \text{Cu, XLPE} ; B_1 \rightarrow I_Z = 38 \text{ A}$$

▪ TRAMO 2:

$$I_B = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{100000}{\sqrt{3} \cdot 400} = 144,34 \text{ A} \rightarrow 144,34 \cdot 1,25 = 180,42 \text{ A} \quad (11)$$

$$T_2 = S_{T2} = 50 \text{ mm}^2 - \text{Cu, XLPE} ; B1 \rightarrow I_Z = 151 \text{ A}$$

	I_B (A)	S (mm ²)	I_Z (A)	$I_B < I_Z$
lcc-T1	13.13	4	38	CUMPLE
lca-T2	180.42	50	151	NO CUMPLE
lca-T2	180.42	95	234	CUMPLE

Tabla 8. Resumen secciones cables

La Tabla 8 muestra un resumen de las secciones y sus corrientes admisibles.

Como se ha podido ver, aunque el criterio por caída de tensión daba una sección de 10 mm² para el tramo 2, al comprobarlo por capacidad térmica se ve que es una sección insuficiente, por lo que tenemos que elevar la sección hasta 95mm² para que cumpla con las especificaciones que se recogen en el REBT.

Al elevar la sección se debe volver a recalcular la caída de tensión del cable del tramo 2:

$$\Delta V\% = \frac{100 \cdot P \cdot L}{Y_{90^\circ C} \cdot S \cdot V^2} = \frac{100 \cdot (24 \cdot 415 \cdot 10) \cdot 10}{44 \cdot 95 \cdot 400^2} = 0.15\% < 2\% \quad (12)$$

- TRAMO 1: 1X4mm²+TT4mm² Cu RZ1 – K (AS) conectores MC4.
- TRAMO 2: 3F95mm²+TT50mm² Cu RZ1 – K (AS).
-

El modo de instalación de ambos conductores es B1, BAJO TUBO EN MONTAJE SUPERFICIAL

1.7.5 Calculo de protecciones

Protección contra cortocircuitos y sobrecargas en el tramo de CC.

El cortocircuito es un punto de trabajo no peligroso para el generador fotovoltaico, ya que la corriente está limitada a un valor muy cercano a la máxima de operación normal del mismo ($I_{sc} = 14.02 \text{ A}$; $I_{cc-T1} = 13.13 \text{ A}$)

Sin embargo, el cortocircuito puede ser perjudicial para el inversor, esta es la razón por la que se incluirán fusibles tipo gG en los conductores positivos, estos fusibles irán integrados en el propio inversor y tendrán una intensidad nominal de 16 A.

Para llegar a esta conclusión hemos tenido en cuenta las siguientes condiciones:

I calculo (I_B) \leq I nominal protección (I_N) \leq I admite cable (I_Z) (13)

$$(I_B = 13.13 \text{ A}) \leq (I_N = 16 \text{ A}) \leq (I_Z = 38 \text{ A})$$

$$I_F \leq 1.6 I_N = 25.6 \text{ A}$$

$$I_F (25.6 \text{ A}) \leq 1.45 I_Z = 55.1 \text{ A}$$

La ventaja del inversor HUAWEI SUN2000 100KTL es que cuenta con dispositivos de protección contra sobreintensidades tanto para CC como para CA, por lo tanto, se tiene protegido en este sentido el inversor y los conductores y no sería necesario incluir más protecciones adicionales.

Protecciones contra sobretensiones en el tramo CC

En los paneles fotovoltaicos y su estructura soporte se pueden inducir sobretensiones de origen atmosférico que en ocasiones pueden llegar a ser de una magnitud importante, es por ello que en las entradas de CC del inversor es aconsejable proteger mediante dispositivos bipolares de protección clase II.

En el caso que nos ocupa, el inversor seleccionado incorpora dispositivos de protección contra sobretensiones inducidas tanto en la parte de CC como en su parte de CA, por lo que no es necesaria la inclusión de protecciones adicionales.

Protecciones frente a contactos directos e indirectos en el tramo CC.

Los módulos solares fotovoltaicos tendrán una conexión en modo flotante (También llamado sistema IT, en el que los conductores activos se encuentran aislados de tierra), por lo que proporcionan un aislamiento adecuado a contactos directos e indirectos. Esta medida por sí sola no es suficiente, y podría no ser eficaz, ya que es un requisito imprescindible que la resistencia de aislamiento de la parte de continua se mantenga por encima de unos niveles de seguridad y no



ocurra un primer defecto a masa o tierra. En este último caso, se genera una situación de riesgo, que se debe solucionar mediante:

- El aislamiento clase II de módulos fotovoltaicos, cables y cajas de conexión. Éstas últimas deberán estar dotadas de señales de peligro eléctrico.

- Controlador permanente de aislamiento, integrado en el inversor en este caso, que detecte la aparición de un primer defecto a tierra, cuando la resistencia de aislamiento sea inferior a un valor determinado. Este valor viene determinado por la máxima tensión de circuito abierto que se puede originar en el sistema, constituyendo la condición de mayor peligro eléctrico.

Las protecciones incluidas en el propio inversor, que se han citado anteriormente, son:

- o Interruptor de CC de entrada.
- o Protección contra islas eléctricas.
- o Protección ante sobrecorriente de salida.
- o Protección ante conexión inversa de entrada.
- o Detección de fallo de la cadena fotovoltaica.
- o Protección contra sobretensión de CA (tipo II).
- o Protección contra sobretensión de CC (tipo II).
- o Detección de resistencia de aislamiento.
- o Monitorización de corriente residual (RCMU).
- o Categoría de sobretensión PV II / AC III.

Con la actuación de la protección del inversor se tiene garantizado que la corriente de defecto va a ser inferior a 30mA, que es el nivel de corriente que marca el umbral de riesgo eléctrico por desfibrilación ventricular para las personas. En el caso que se produjese un defecto el inversor detendría su funcionamiento y se activaría la alarma indicando que el sistema se desactiva y la razón de desactivación.

Protección frente a cortocircuitos y sobrecargas en el tramo AC

La intensidad de cálculo para el tramo de CA es de 180.4 A. Según la norma EN 60269, para protección contra sobrecargas se debe cumplir las siguientes condiciones:

I calculo (I_B) \leq I nominal protección (I_N) \leq I admite cable (I_Z) (14)

$$(I_B = 180.42 \text{ A}) \leq (I_N = 200 \text{ A}) \leq (I_Z = 234 \text{ A})$$

$$C1 \rightarrow I_{RM} = 5 I_N = 1000 \text{ A} \leq I_{cc \text{ min}} = 8848 \text{ A}$$

$$C2 \rightarrow I_{cc \text{ max}} \leq \text{Poder corte} \rightarrow 12 \text{ kA} \leq 15 \text{ kA}$$

$I_{cc \text{ max}} = 12 \text{ kA} \rightarrow$ Lo impone la compañía eléctrica

$$Z_{eq} = \frac{V}{I_{cc}} = \frac{230}{12000} = 0.019\Omega \quad Z_{LINEA} = \frac{40.3}{44 \cdot 120} = 0.007 \Omega \quad (15)$$

$$Z_T = Z_{eq} + Z_{LINEA} = 0.026\Omega \quad I_{cc} = \frac{V}{Z_T} = \frac{230}{0.026} = 8848.15 \text{ A} \quad (16)$$

Por lo tanto, el interruptor magnetotermico a utilizar para la protección de la línea de conexión entre el inversor y el CGBT será el siguiente:

4P – 400V 50Hz Curva C, In= 200 A y con PC= 15kA

Protección frente a contactos directos e indirectos en el tramo AC

La instalación estará protegida frente a contactos directos e indirectos por un interruptor diferencial en la parte de AC. Con el fin de que el interruptor diferencial este protegido por el interruptor magnetotermico se debe cumplir las condiciones que se describen a continuación:

Condición 1: Que la intensidad nominal del interruptor diferencial sea mayor o igual que la intensidad nominal del interruptor magnetotermico

$$I_{N-D} \geq I_{N-MT}$$

Condición 2: Que la resistencia a cortocircuitos del interruptor sea mayor o igual que poder de corte del interruptor magnetotermico.

$$I_{NC} \geq PC \text{ Imag}$$

Condición 3: Que el poder de corte de interruptor diferencial sea igual o superior al poder de corte del interruptor magnetotermico

$$PC \text{ Idif} \geq PC \text{ Imag}$$

4P – 400V 50Hz Clase AC, In= 200 A y con PC= 20 KA 30mA



Separación galvánica en el tramo CA

En la instalación que estamos proyectando la separación galvánica entre los circuitos de CC (módulos fotovoltaicos) y CA (Red de baja tensión), está más que garantizada en el propio inversor.

Funcionamiento en isla en el tramo CA

El funcionamiento en isla de una instalación fotovoltaica es un fenómeno que se debe evitar, para eliminar las posibles situaciones de riesgo que podrían sufrir los operarios de la compañía distribuidora en caso de quedar la instalación desconectada de la red con consumos asociados al mismo punto.

EL inversor HUAWEI SUN2000 – 100 KTL tiene un sistema de seguridad que evita el funcionamiento en isla de la instalación, desconectado este si fuese el caso.

Armónicos y compatibilidad electromagnética del tramo CA

EL inversor HUAWEI SUN2000 – 100 KTL certifica el cumplimiento de los niveles de emisión e inmunidad para armónicos y de compatibilidad electromagnética.

Puesta a tierra de la instalación

Según podemos ver en la nota de interpretación técnica de la equivalencia de la separación galvánica de las conexiones de instalaciones generadoras en baja tensión se tiene el siguiente cuadro:

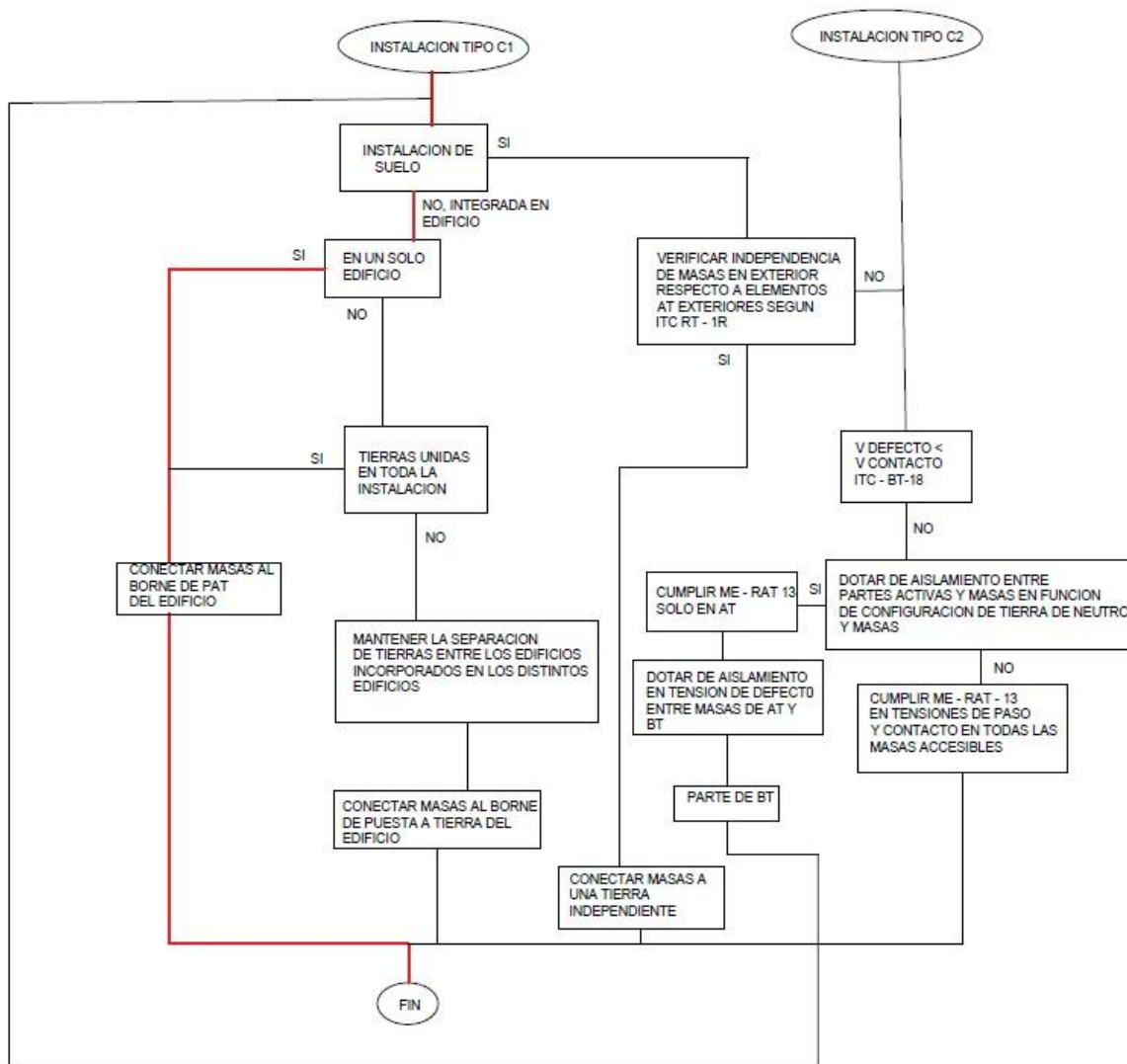


Ilustración 14. Guía interpretación sep. galvánica

La instalación a estudio se trata de tipo C1 y es una instalación integrada en edificio, por lo que según la nota técnica las masas se conectarán al borne de puesta a tierra del edificio. Aclarando lo anterior, para la puesta a tierra de la instalación se debe unir eléctricamente las masas del generador fotovoltaico, ya sean todos los marcos de los módulos, como las estructuras soporte de los mismos y llevar desde ahí un cable aislado hasta la conexión de puesta a tierra

Estudio de una instalación fotovoltaica de 100 kW para autoconsumo sin excedentes en la cubierta de una nave industrial.



del edificio, en este caso de la nave industrial en la que vamos a ubicar nuestra instalación. La sección de dicho cable será de 35mm². [7]

1.8 PRESUPUESTO

A continuación, vamos a ver las tablas de presupuesto desglosado por capítulos:

Partida	PV01. Módulos fotovoltaicos			
Cantidad	Unidad	Descripción de la partida	Precio(€/Ud.)	Importe(€)
240	Ud.	REGITEC RMH54-415	94.62	22708.8
96	h	Montaje	22	2112
Importe total partida				24820.8

Tabla 9. Capítulo 1 de presupuesto

Partida	PV02. Estructura para módulos			
Cantidad	Unidad	Descripción de la partida	Precio(€/Ud.)	Importe(€)
48	Ud.	Estructura Artesa para 5 módulos, fijaciones incluidas	166.75	8004
39.2	h	Montaje	22	862.4
Importe total partida				8866.4

Tabla 10. Capítulo 2 de presupuesto

Partida	PV03. Cableado y protecciones			
Cantidad	Unidad	Descripción de la partida	Precio(€/Ud.)	Importe(€)
630	m	EXZHELLENT SOLAR ZZ-F (AS) s = 4mm ²	0.8	504
65	m	EXZHELLENT XXL 1000V RZ1-K (AS) s = 95mm ²	11.25	731.25
185	m	TUBO ELECTROFLEX exterior 16mm ²	0.75	138.75
100	Ud.	Grapas fijación tubo 16 mm ²	0.05	5
65	m	TUBO ELECTROFLEX interior 63mm ²	4.42	287.3
30	Ud.	Grapas fijación tubo 63 mm ²	1	30
50	h	Montaje cableado	22	1100
1	Ud.	Automático MCCB DPX ³ 250 - mag+dif - 4P - lcu 25 kA (400 V) - In 200 A	5666.62	5666.62
Importe total partida				8462.92

Tabla 11. Capítulo 3 de presupuesto

Partida	PV04. Inversor			
Cantidad	Unidad	Descripción de la partida	Precio(€/Ud.)	Importe(€)
1	Ud.	HUAWEI SUN2000 - 100KTL-M1	6036.39	6036.39
15	h	Montaje y puesta en marcha	25	375
Importe total partida				6411.39

Tabla 12. Capítulo 4 de presupuesto

Estudio de una instalación fotovoltaica de 100 kW para autoconsumo sin excedentes en la cubierta de una nave industrial.



Partida PV05. Seguridad y salud				
Cantidad	Unidad	Descripción de la partida	Precio (€/Ud.)	Importe (€)
1	Ud.	Protecciones colectivas	1500	1500
1	Ud.	Cinta balizamiento	8.5	8.5
1	Ud.	Protección contra incendios - extintores	326.11	326.11
1	Ud.	Toma de tierra general	160.3	160.3
1	Ud.	Protección individual	175.3	175.3
2	Ud.	Señal: Uso casco	3.01	6.02
2	Ud.	Señal: Uso prot. Visual	3.01	6.02
2	Ud.	Señal: Proh. Fumar	3.01	6.02
2	Ud.	Señal: Riesgo elect	3.01	6.02
2	Ud.	Señal: Riesgo peligro	3.01	6.02
2	Ud.	Señal: Caídas distinto nivel	3.01	6.02
2	Ud.	Señal: Proh. Entrar obra	3.01	6.02
2	Ud.	Señal: Extintor	3.01	6.02
1	Ud.	Instalación primeros auxilios	98.87	98.87
1	Ud.	Botiquín	42.38	42.38
1	Ud.	Repuesto botiquín	58.35	58.35
Importe total partida				2417.97

Tabla 13. Capítulo 5 de presupuesto

Partida PV06. Tramitación y legalización				
Cantidad	Unidad	Descripción de la partida	Precio(€/Ud.)	Importe (€)
1	Ud.	Proyecto	10000	10000
	Ud.	Documentación, tramitación y legalización	PA	0
Importe total partida				10000

Tabla 14. Capítulo 6 de presupuesto

Partida PV07. Sistema lavado módulos				
Cantidad	Unidad	Descripción de la partida	Precio(€/Ud.)	Importe (€)
240	Ud.	Eyector lavado	6.25	1500
300	m	Tubería PVC 6mm	0.25	75
100	Ud.	Grapas fijación tuberías	0.05	5
Importe total partida				1580

Tabla 15. Capítulo 7 de presupuesto

Partida PV08. Gestión de Residuos				
Cantidad	Unidad	Descripción de la partida	Precio(€/Ud)	Importe (€)
1	Ud.	Transporte papel y cartón	108.43	108.43
1	Ud.	Transporte plástico	142.49	142.49
1	Ud.	Transporte sin clasificar	139.55	139.55
Importe total partida				390.47

Tabla 16. Capítulo 8 de presupuesto

Estudio de una instalación fotovoltaica de 100 kW para autoconsumo sin excedentes en la cubierta de una nave industrial.



Capitulo	Descripción de partida	Calculo	Importe (€)
PV01	Módulos fotovoltaicos	$C1=\sum P_{ij}$	24820.8
PV02	Estructura para módulos	$C2=\sum P_{ij}$	8866.4
PV03	Cableado y protecciones	$C3=\sum P_{ij}$	8462.92
PV04	Inversor	$C4=\sum P_{ij}$	6411.39
PV05	Seguridad y salud	$C5=\sum P_{ij}$	2417.97
PV06	Tramitación y legalización	$C6=\sum P_{ij}$	10000
PV07	Sistema lavado módulos	$C7=\sum P_{ij}$	1580
PV08	Gestión residuos	$C8=\sum P_{ij}$	390.47
PEM	Presupuesto ejecución material		62949.95
	Gastos generales	$GG=0.13 \cdot PEM$	8183.49
	Beneficio industrial	$BI=0.6 \cdot PEM$	37769.97
	Base imponible	$B=PEM+GG+BI$	108903.41
	IVA(21%)	$IVA=0.21 \cdot B$	22869.72
	Presupuesto de ejecución por contrata (tot)	$PEC=B+IVA$	131773.13
<p>El presente presupuesto asciende a la cantidad de CIENTO TREINTA Y UN MIL SETECIENTOS SETENTA Y TRES CON TRECE CENTIMOS</p>			

Tabla 17. Presupuesto

Estudio de una instalación fotovoltaica de 100 kW para autoconsumo sin excedentes en la cubierta de una nave industrial.



1.9 ESTUDIO ECONOMICO

Año	Energía producida	Ing pot prod	Ingresos autoconsumo	Costes explotac.	Costes mantenim	FC no actualizado	Ganancias	FC actualizado	VAN
1	157426.4	0.0	25597.5	100.0	2667.7	-110553.9	-110553.9	-109725.9	-109725.9
2	156639.3	0.0	25469.5	100.0	2667.7	22701.9	-87852.1	24378.5	-85347.4
3	155856.1	0.0	25342.2	100.0	2667.7	22574.5	-65277.5	25121.0	-60226.4
4	155076.8	0.0	25215.5	100.0	2667.7	22447.8	-42829.7	25886.0	-34340.4
5	154301.4	0.0	25089.4	100.0	2667.7	22321.7	-20508.0	26674.2	-7666.3
6	153529.9	0.0	24964.0	100.0	2667.7	22196.3	1688.3	27486.3	19820.1
7	152762.2	0.0	24839.1	100.0	2667.7	22071.5	23759.7	28323.0	48143.1
8	151998.4	0.0	24714.9	100.0	2667.7	21947.3	45707.0	29185.2	77328.3
9	151238.4	0.0	24591.4	100.0	2667.7	21823.7	67530.7	30073.4	107401.7
10	150482.2	0.0	24468.4	100.0	2667.7	21700.7	89231.4	30988.6	138390.2
11	149729.8	0.0	24346.1	100.0	2667.7	21578.4	110809.8	31931.5	170321.7
12	148981.2	0.0	24224.3	100.0	2667.7	21456.7	132266.5	32902.9	203224.6
13	148236.3	0.0	24103.2	100.0	2667.7	21335.5	153602.0	33903.8	237128.4
14	147495.1	0.0	23982.7	100.0	2667.7	21215.0	174817.1	34935.0	272063.4
15	146757.6	0.0	23862.8	100.0	2667.7	21095.1	195912.2	35997.5	308060.9
16	146023.8	0.0	23743.5	100.0	2667.7	20975.8	216888.0	37092.1	345153.0
17	145293.7	0.0	23624.8	100.0	2667.7	20857.1	237745.1	38219.9	383372.9
18	144567.2	0.0	23506.6	100.0	2667.7	20739.0	258484.0	39381.8	422754.7
19	143844.4	0.0	23389.1	100.0	2667.7	20621.4	279105.5	40578.8	463333.5
20	143125.2	0.0	23272.2	100.0	2667.7	20504.5	299609.9	41812.1	505145.7
21	142409.6	0.0	23155.8	100.0	2667.7	20388.1	319998.1	43082.8	548228.4
22	141697.5	0.0	23040.0	100.0	2667.7	20272.3	340270.4	44391.8	592620.3
23	140989.0	0.0	22924.8	100.0	2667.7	20157.1	360427.5	45740.5	638360.7
24	140284.1	0.0	22810.2	100.0	2667.7	20042.5	380470.0	47129.9	685490.7
25	139582.7	0.0	22696.1	100.0	2667.7		400398.5	48561.4	734052.0

Tabla 18. Estudio económico

Estudio de una instalación fotovoltaica de 100 kW para autoconsumo sin excedentes en la cubierta de una nave industrial.

Producción anual media esperada	157426.39
Descenso producción	0.005
Tarifa incentivada	0
Ahorro en la factura	0
Costes explotación	100
Costes mantenimiento	0.02
Costes total instalación	133383.79
Precio medio €/kWh 2021	0.2168
Tasa interés	0
Tasa inflación	0.035
Costes de capital	-0.035

Tabla 19. Datos estudio económico

Según el estudio económico descrito en la Tabla 18 y con los datos que se ven en la Tabla 19, el $VAN_{25} = 734052 \text{ €}$, también se puede ver que el plazo de recuperación actualizado PRA = 6 años y haciendo cálculos se puede ver que la Tasa Interna de Retorno TIR = 15.14%. [1], [10]



1.9 CONCLUSIONES

En la presente memoria se ha dimensionado y justificado mediante cálculos la instalación de una planta solar fotovoltaica para autoconsumo, que no inyecta energía a la red, para alimentar de energía eléctrica una nave industrial en el término municipal de Tarazona de la Mancha.

Como conclusiones al proyecto se pueden mencionar las siguientes:

- La energía solar está a la orden del día, y esto es así por varios factores, el primero es el avance de esta tecnología, que ha hecho posible instalaciones más eficientes. Siguiendo con esto también hay que mencionar que, con los altos precios de la energía, la amortización de la inversión es muy rápida.
- El siguiente paso hacia la mejora del medio ambiente pasa también por utilizar esta y otras energías renovables, ayudando a reducir la huella de carbono de nuestras actividades cotidianas.

Y ante la pregunta: ¿Será posible no depender de las energías que utilizan combustibles fósiles en el futuro?, mi respuesta sería que sí, si todos contribuimos y se siguen realizando instalaciones que permitan generar energía de una manera más ecológica y eficiente.

Por último pienso que en el momento en que los acumuladores de energía sean más económicos y eficientes mucha más gente podrá desconectarse de la red eléctrica, dejar de pagar facturas abusivas y contribuir de una manera más activa en mejorar el medio ambiente.



1.10 BIBLIOGRAFIA

Referencias bibliográficas consultadas:

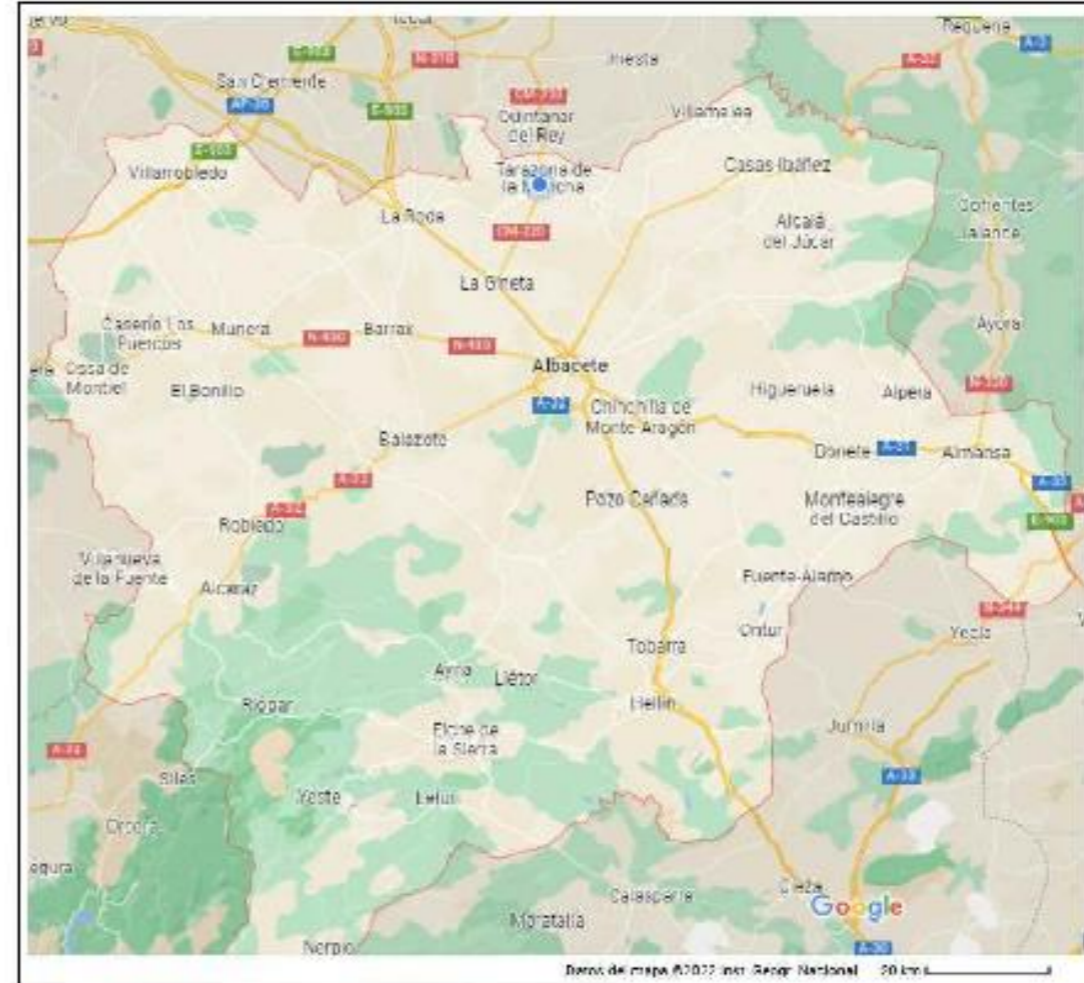
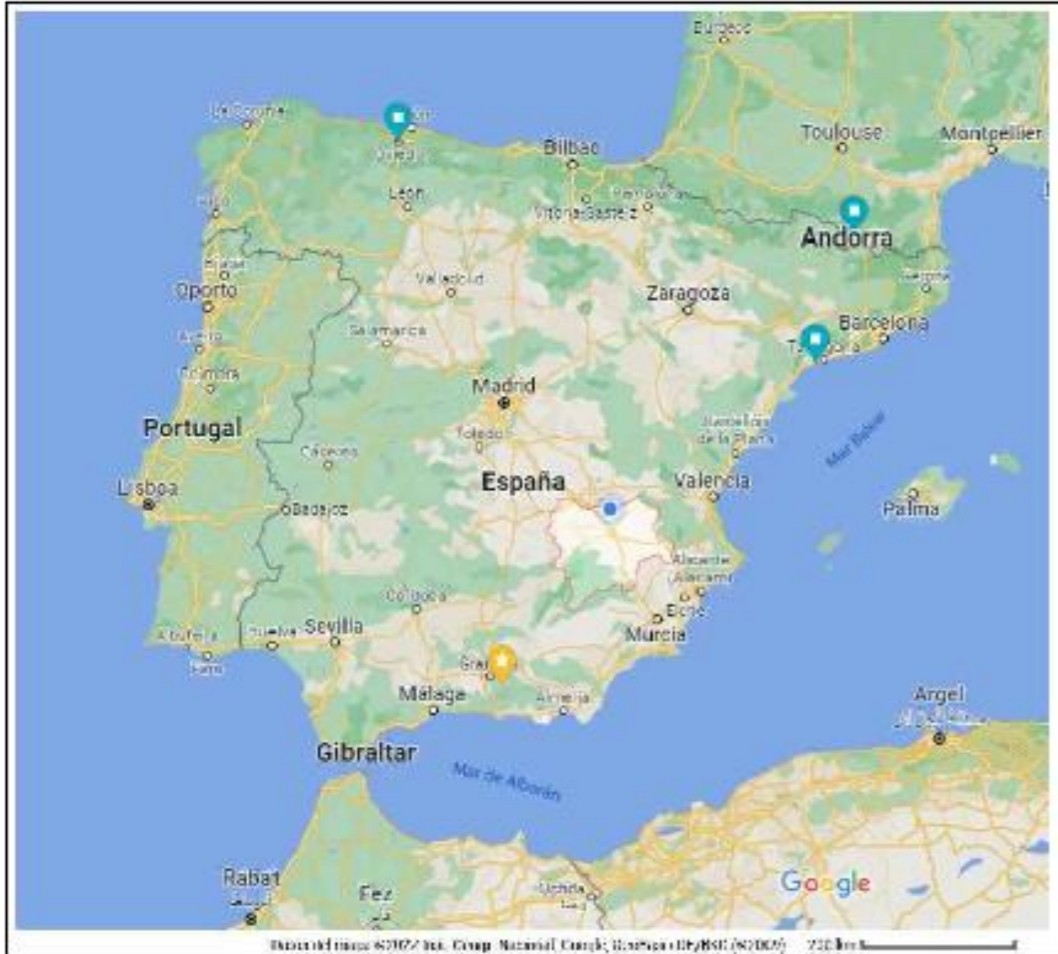
- [1] Asea Brown Boveri. Cuaderno de aplicaciones técnicas N°10: Plantas fotovoltaicas. 2001, 116 paginas.
- [2] Creus Solé, Antonio. Energías renovables, 2009, 475 paginas.
- [3] González Velasco, Jaime. Energías renovables, 2009, 650 paginas.
- [4] Alcor Cabrerizo Enrique. INSTALACIONES SOLARES FOTOVOLTAICAS. Cuarta Edición (PROGENSA). 2008, 348 paginas.
- [5] European Comission, «PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM,» 2022. [En línea]. Available: <https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis>.
- [6] M. S. d. Cardona, P. S. Frieria, M. Piliougine, J. Pelaez, J. Carretero y L. M. López, «Degradación de módulos fotovoltaicos de silicio cristalino tras 12 años de operación en España,» Universidad de Málaga, 2010.
- [7] I.D.A.E. Pliego de Condiciones Técnicas para Instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.
- [8] Guirao Ibañez, Manuel. Instrucción 1/2020 de la Dirección General de Transición Energética sobre la tramitación asociada a las instalaciones eléctricas de autoconsumo. 2020, 14 paginas.
- [9] IDAE. Guía Profesional de Tramitación del Autoconsumo. 2022, 187 paginas.
- [10] J. A. González-Calero Somoza, J. Contreras Sanz y J. I. Muñoz Hernández, «Análisis económico de inversiones en energías renovables en Castilla-La Mancha,» X CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA DE PROYECTOS, 2012.

Estudio de una instalación fotovoltaica de 100 kW para autoconsumo sin excedentes en la cubierta de una nave industrial.



1.11 PLANOS

Estudio de una instalación fotovoltaica de 100 kW para autoconsumo sin excedentes en la cubierta de una nave industrial.



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA. CAMPUS DE ALCOY

PROYECTO: INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE 100 kW PARA AUTOCONSUMO SIN EXCEDENTES

LOCALIZACION

ESCALA: VARIAS

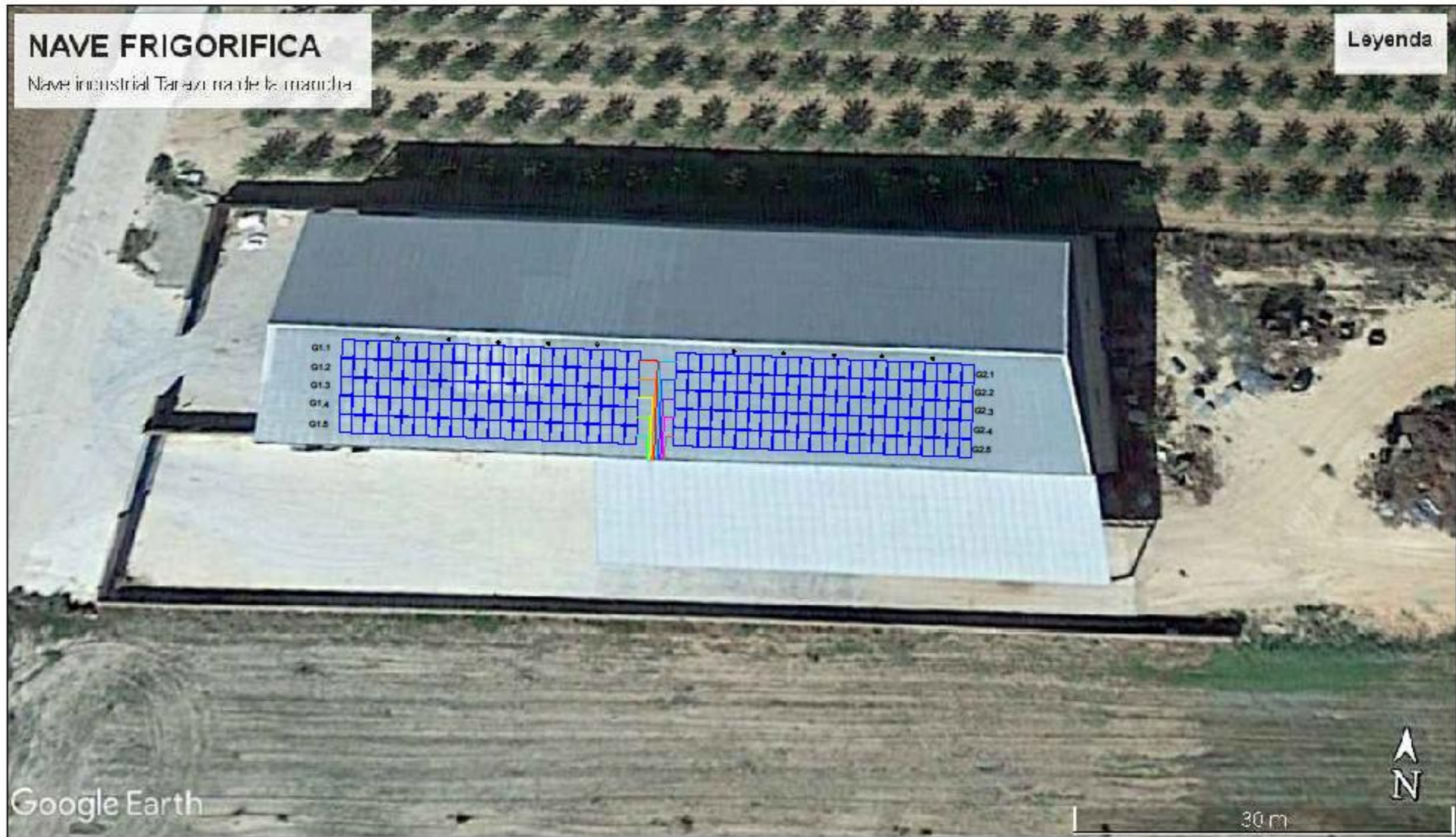
FECHA: JUNIO 2022

Nº PLANO

JUAN FRANCISCO LARA TENDERO


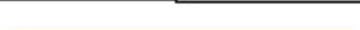





TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERIA ELECTRICA

1



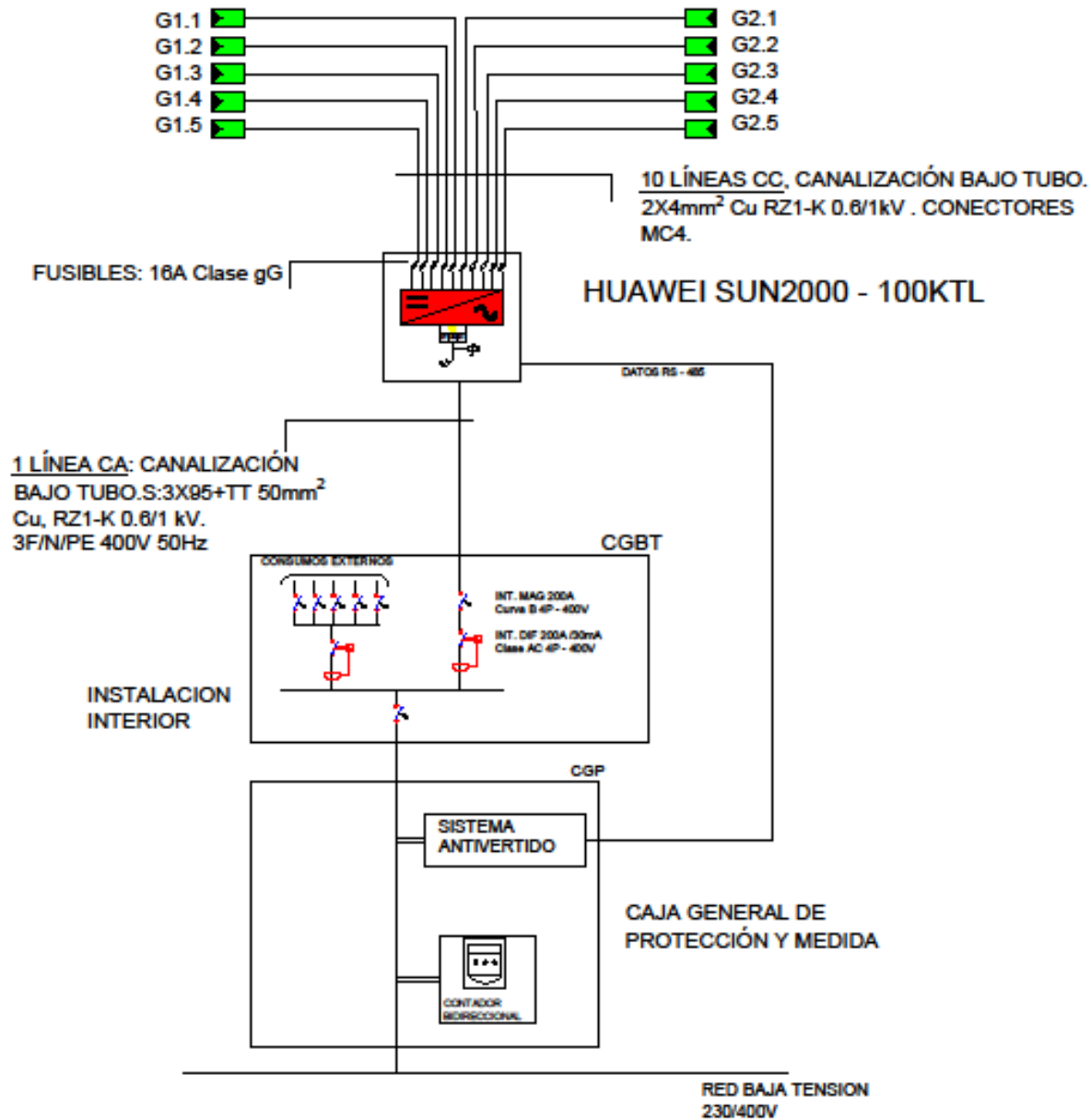
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

LINEA		LINEA	
G1.1		G2.1	
G1.2		G2.2	
G1.3		G2.3	
G1.4		G2.4	
G1.5		G2.5	

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA. CAMPUS DE ALCOY		PROYECTO: INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE 100 kW PARA AUTOCONSUMO SIN EXCEDENTES	
DISTRIBUCION PANELES SOLARES		ESCALA: GRAF	FECHA: JUNIO 2022
JUAN FRANCISCO LARA TENDERO		TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERIA ELECTRICA	
			Nº PLANO 2

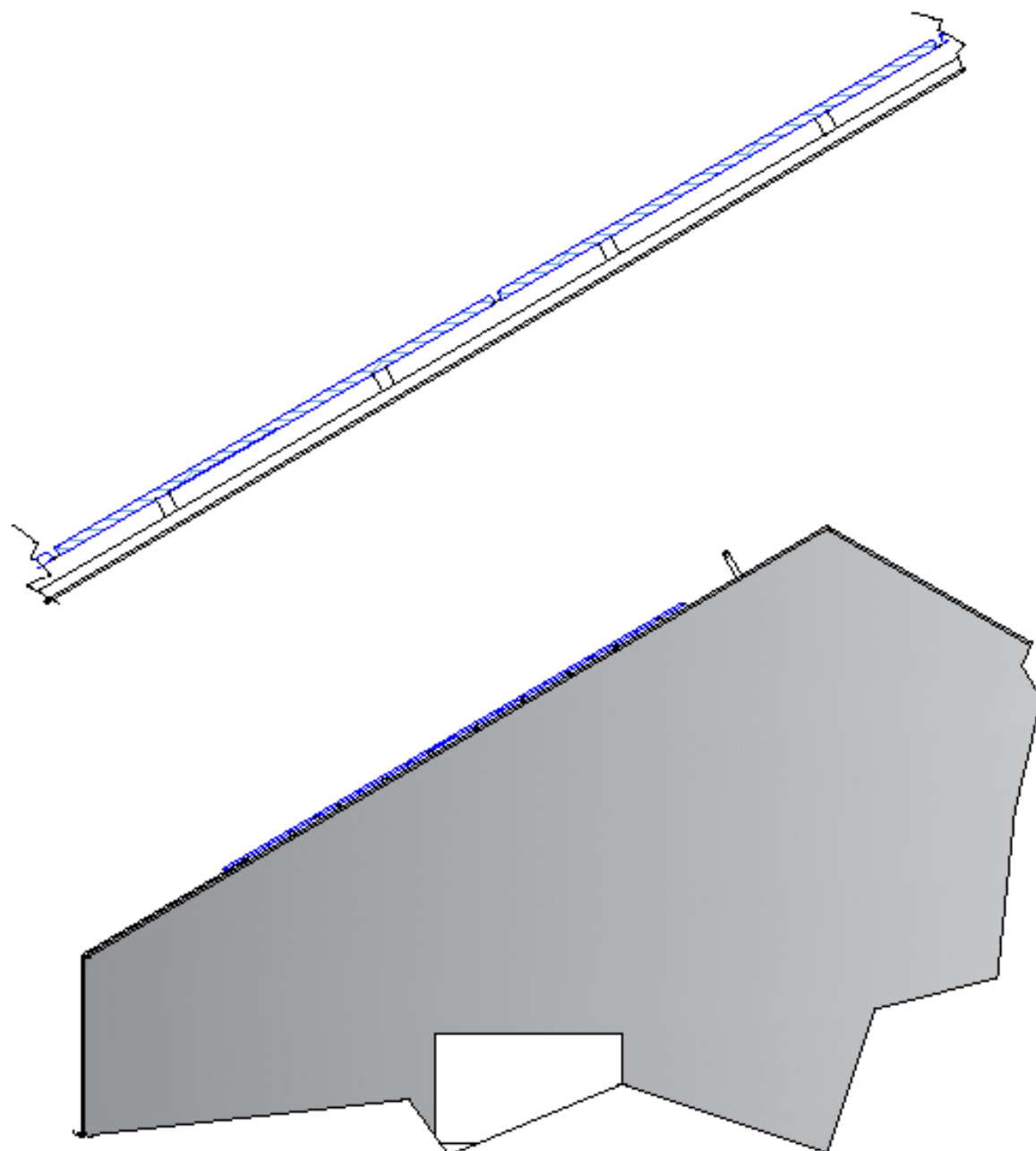
PANELES REGITEC 415Wp, 24 PANELES
 POR CADENA, 10 CADENAS EN TOTAL, UNA
 CADENA POR CADA MPPT DEL INVERSOR



CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA. CAMPUS DE ALCOY		PROYECTO: INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE 100 kW PARA AUTOCONSUMO SIN EXCEDENTES		
ESQUEMA UNIFILAR DE LA INSTALACION		ESCALA: INDT	FECHA: JUNIO 2022	Nº PLANO
JUAN FRANCISCO LARA TENDERO		TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERIA ELECTRICA		3



CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

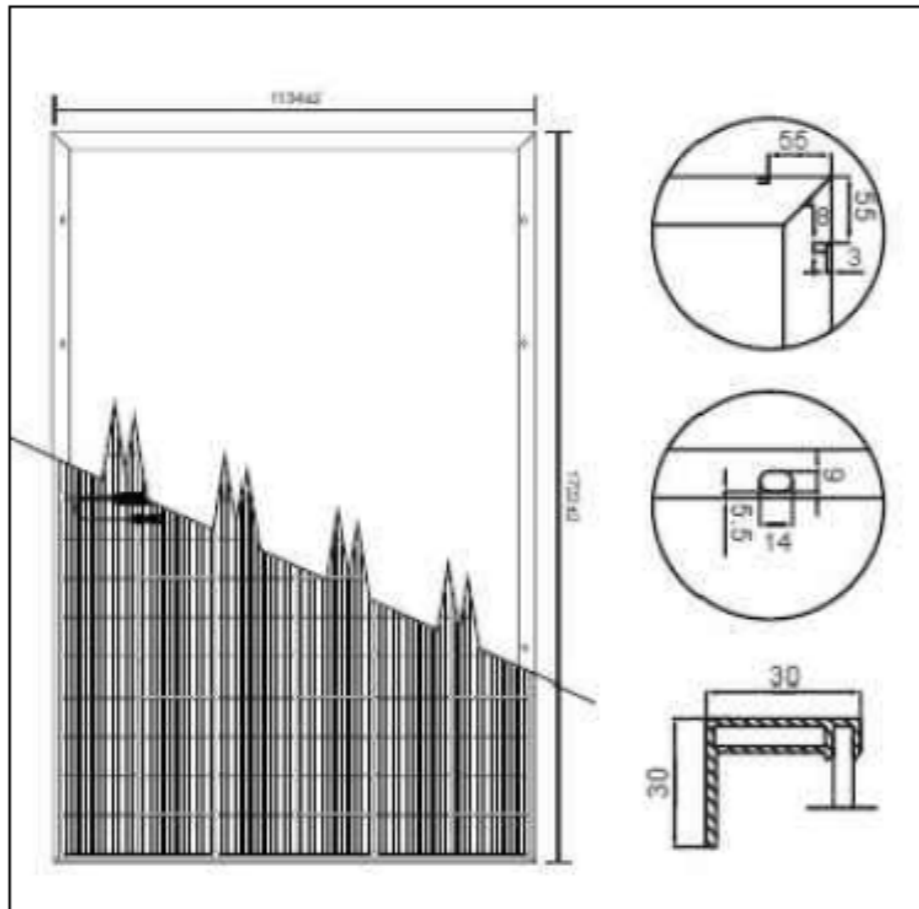
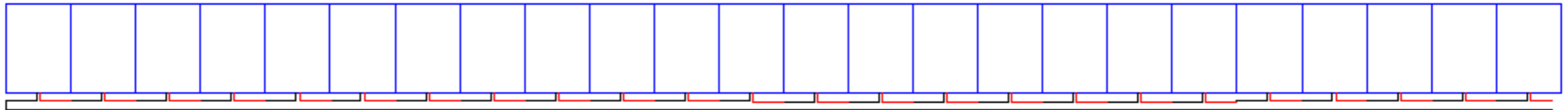
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA. CAMPUS DE ALCOY		PROYECTO: INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE 100 kW PARA AUTOCONSUMO SIN EXCEDENTES	
VISTA PERFIL COLOCACION PLACAS	ESCALA: INDT	FECHA: JUNIO 2022	Nº PLANO
JUAN FRANCISCO LARA TENDERO	TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERIA ELECTRICA		4

G1.1

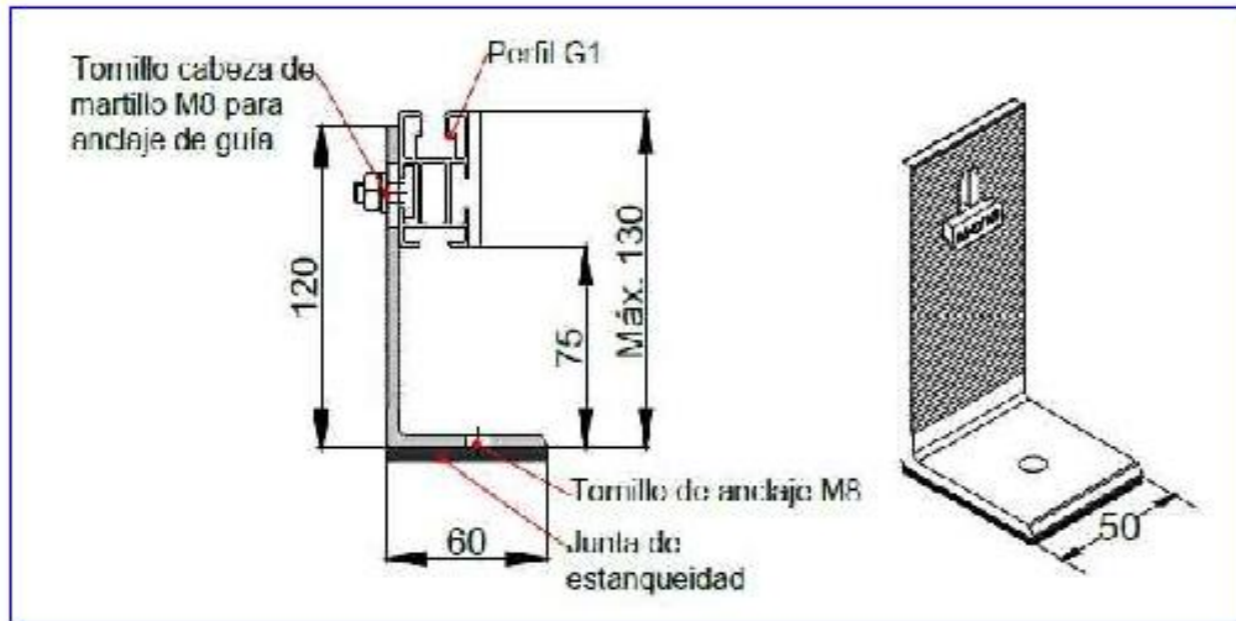
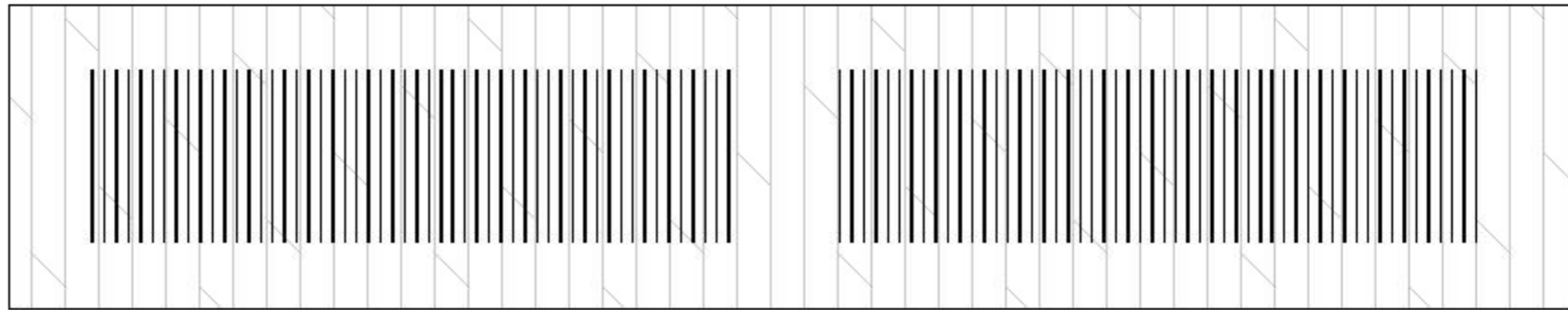


G1.2

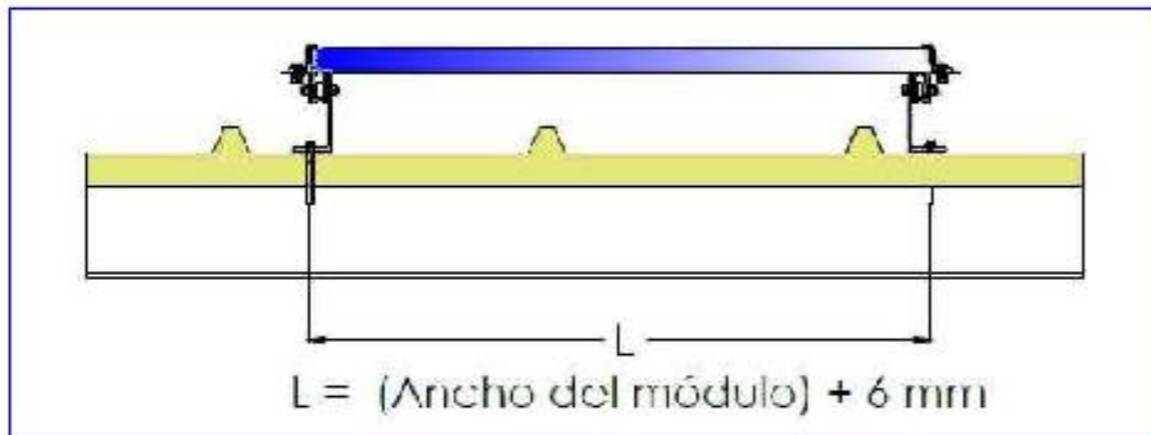


240 PANELES SOLARES **RMH54-415 S1**
 108 CELDAS PV. (415W STD)
 25 AÑOS DE GARANTÍA DE LOS PANELES SOLARES
 30 AÑOS DE GARANTÍA DE LAS PRESTACIONES
 80.64% EFICIENCIA A 25 AÑOS
 EFICACIA DE LOS MÓDULOS DEL 21.3%

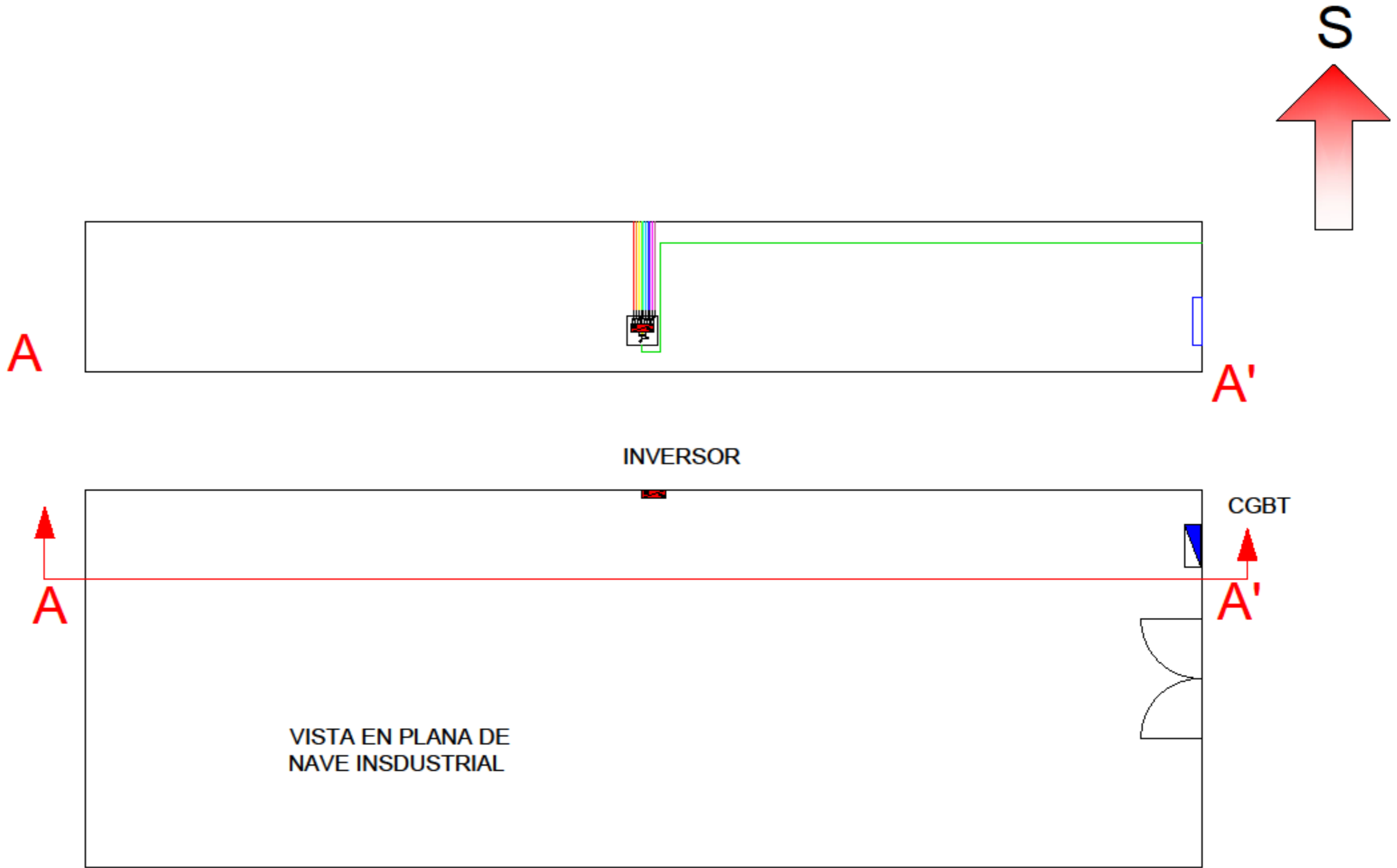
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA. CAMPUS DE ALCOY		PROYECTO: INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE 100 kW PARA AUTOCONSUMO SIN EXCEDENTES	
CONEXION MODULOS	ESCALA: IND T	FECHA: JUNIO 2022	Nº PLANO
JUAN FRANCISCO LARA TENDERO	TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERIA ELECTRICA		5



VISTA EN PLANTA DE LA ESTRUCTURA DE FIJACIÓN DE LA PLACAS FOTOVOLTAICAS



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA. CAMPUS DE ALCOY		PROYECTO: INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE 100 kW PARA AUTOCONSUMO SIN EXCEDENTES	
ESTRUCTURA SOPORTE	ESCALA: IND T	FECHA: JUNIO 2022	Nº PLANO
JUAN FRANCISCO LARA TENDERO	TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERIA ELECTRICA		6



INVERSOR

VISTA EN PLANA DE NAVE INDUSTRIAL

CGBT

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA. CAMPUS DE ALCOY

PROYECTO: INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE 100 kW PARA AUTOCONSUMO SIN EXCEDENTES

DISTRIBUCION ELEMENTOS ELECTRICOS

ESCALA: IND

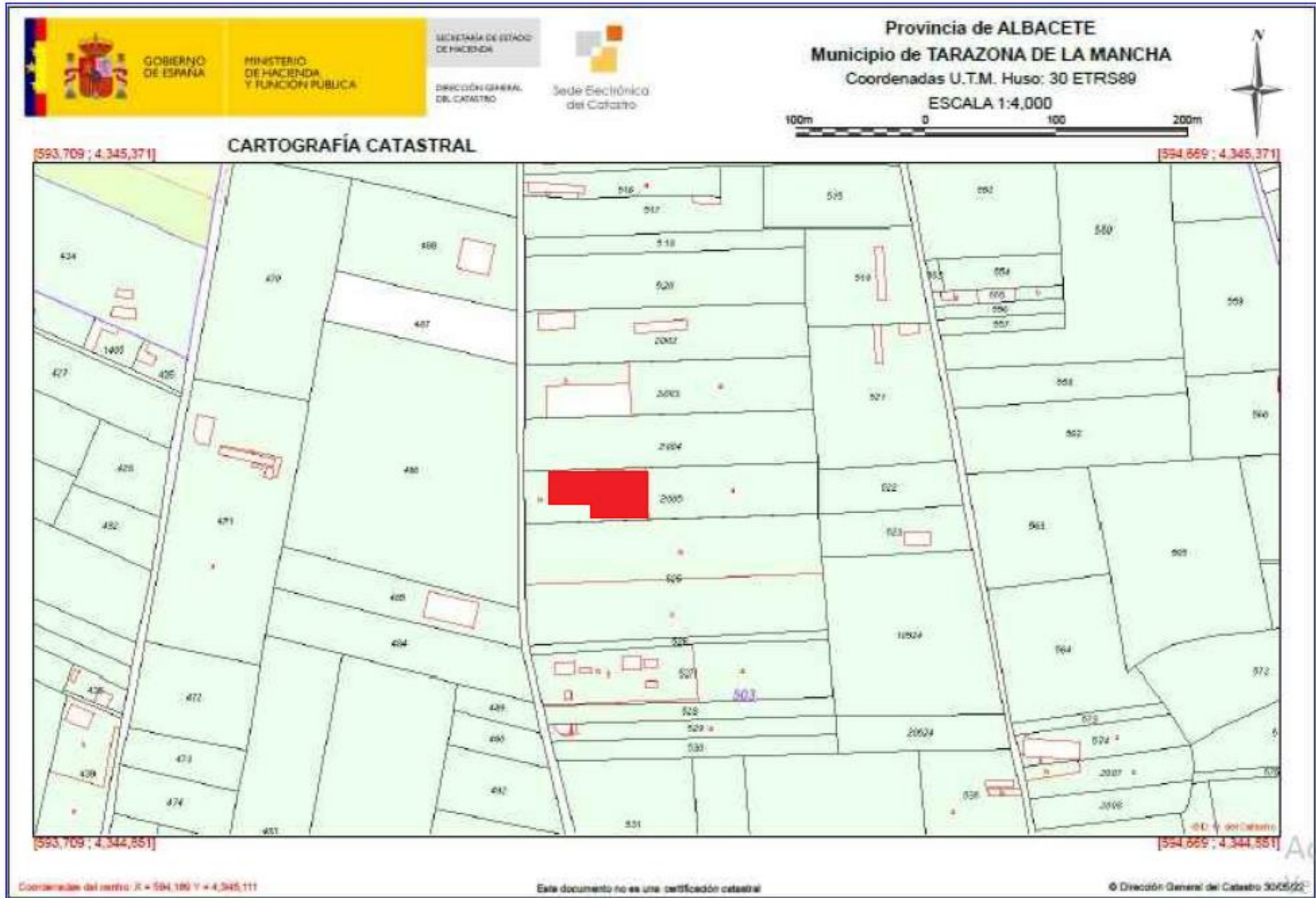
FECHA: JUNIO 2022

Nº PLANO

JUAN FRANCISCO LARA TENDERO

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERIA ELECTRICA

7



CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA. CAMPUS DE ALCOY		PROYECTO: INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE 100 kW PARA AUTOCONSUMO SIN EXCEDENTES	
LOCALIZACION, CATASTRO		ESCALA: INDT	FECHA: JUNIO 2022
JUAN FRANCISCO LARA TENDERO		TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERIA ELECTRICA	
			Nº PLANO 8

