



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

PROYECTO DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA, (9MW), PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA SITUADA EN: LA LOMA (MURCIA)

AUTOR: TELLEZ CONRAD, ALEJANDRO

TUTOR: CAÑAS PEÑUELAS, CÉSAR SANTIAGO

COTUTOR: CATALÁN IZQUIERDO, SATURNINO

Curso Académico: 2015-16



RESUMEN

Este documento es un proyecto de diseño de una instalación fotovoltaica conectada a red de 9MW para la generación de energía eléctrica en La Loma, Murcia. Comprende el diseño de todo el conjunto eléctrico desde la captación de energía solar hasta la conexión con la red eléctrica. Los objetivos del proyecto han sido optimizar una parcela disponible, en una zona agraria de Murcia, para lograr maximizar un beneficio vendiendo energía eléctrica a la compañía suministradora. Para ello, se han realizado estudios y comparaciones entre paneles, estructuras, protecciones, inversores y transformadores; buscando la mayor generación al menor coste.

Murcia tiene un gran potencial de generación solar a partir de instalaciones fotovoltaicas, debido a su gran irradiación y sus temperaturas no tan extremas, factores que afectan al rendimiento de los paneles solares. La superficie de la parcela ha determinado la capacidad de generar energía resultando en un total de 28.800 paneles repartidos en 32 inversores que a su vez se reparten en 4 centros de transformación.

Los paneles fotovoltaicos generan una corriente continua, distinta a la que contiene la red distribuidora, corriente alterna. Por eso es preciso la necesidad de un inversor. La selección del inversor ha sido condicionada por el requerimiento de máxima potencia a un límite de tensión de 1000 voltios para realizar una instalación de baja tensión. Las protecciones están diseñadas para proteger dos tipos de distribución, IT y TN. La distribución IT corresponde al lado de los paneles que funcionan en corriente continua hasta la entrada al inversor. La distribución TN empieza a partir de la salida del inversor en corriente alterna hasta la conexión con la red. Se ha realizado un estudio de la inversión económica del proyecto elegido, y se ha calculado una estimación del beneficio a lo largo de la vida útil de la planta fotovoltaica.

En definitiva, después de observar la viabilidad de este tipo de instalaciones (huertos solares), en el mercado actual de venta de energía y habiéndose buscado la optimización de la superficie disponible con los menores costes posibles. Se ha concluido que el proyecto en definitiva no alcanza una rentabilidad a lo largo de su vida útil.

Palabras Clave: Fotovoltaica, Paneles Solares, Instalación Eléctrica, Energía Eléctrica, Energía Solar Renovable.



RESUM

Este document és un projecte de disseny d'una instal·lació fotovoltaica connectada a xarxa de 9MW per la generació d'energia elèctrica en La Loma, Múrcia. Comprén el disseny de tot el conjunt elèctric des de la captació d'energia solar fins a la connexió amb la xarxa elèctrica. Els objectius del projecte han sigut optimitzar una parcel·la disponible per aconseguir maximitzar un benefici venent energia elèctrica a la companyia subministradora. D'aquesta manera, s'han realitzat estudis i comparacions entre panells, estructures, proteccions, inversors i transformadors buscant la major generació a menor cost.

Múrcia té un gran potencial de generació solar a partir de instal·lacions fotovoltaïques, degut a la seua gran irradiació i a les seues no tan extremes temperatures, factors que afecten al rendiment dels panells solars. La superfície de la parcel·la ha determinat la capacitat de generar energia resultant un total de 28.800 panells repartits en 32 inversors que al mateix temps es reparteixen en 4 centres de transformació.

Els panells fotovoltaïcs generen una corrent contínua, distinta a la que conté la xarxa distribuïdora (corrent alterna). Per això es precis emprar un inversor. La selecció d'aquest és condicionada pel requeriment de màxima potència a una tensió nominal de 1000 volts per realitzar una instal·lació de baixa tensió. Les proteccions estan dissenyades per protegir dos tipus de distribució: IT i TN. La primera correspon al costat dels panells que funcionen en corrent continua fins l'entrada a l'inversor. La segona comença a partir de l'eixida de l'inversor en corrent alterna fins la connexió amb la xarxa. S'ha realitzat un estudi de la inversió econòmica del projecte escollit i s'ha estimat un benefici al llarg de la vida útil de la planta fotovoltaica.

En definitiva, s'ha observat la viabilitat d'aquest tipus d'instal·lacions (horts solars) en el mercat actual de venda d'energia buscant l'optimització de la superfície disponible amb els menors costos possibles, concloent que el projecte definitivament no obté uns beneficis al llarg de la seva vida útil.

Paraules Clau: Fotovoltaica, Panells Solares, Instal·lació Elèctrica, Energia Elèctrica, Energia Solar Renovable.



SUMMARY

This document describes the design of a 9MW photovoltaic plant connected to the power grid. It contains the design of all the electrical equipment involved, from the solar panels to the transformation stations. The objective of this project is to optimize the area of an agricultural plot in Murcia, in order to maximize the benefits in the sale of electrical energy to the power company. Therefore, studies and comparisons between the different solar panels, inverters, structures, protections and transformers have been made, in search of greater energy generation at the least cost.

Murcia has a great solar energy generation potential, due to its high levels of irradiation and does not have severe temperature changes, factors that affect the efficiency of the solar panels. The available area has established the capacity of generating energy. Resulting in a total of 28.800 panels distributed among 32 inverters, which are again distributed into 4 transformation stations.

The photovoltaic solar panels generate a direct current, different to the alternating current that the power company supplies. This is why an inverter is needed. The election of this inverter was conditioned by the requirement of maximum capacity at a nominal voltage of 1000 volts, in order to design a low voltage installation. The protections have been designed to protect an IT and a TN systems. The IT belongs to the DC part, which goes from the panels to the inputs of the inverter. The TN system includes the rest of the installation from the outputs of the inverter in AC to the connection to the power grid. The study of the economic viability of the solar plant has been carried out and an estimation of the benefits for a lifetime of the installation has been calculated.

In conclusion, after taking note of the profitability of these types of installations (solar plants) in the actual energy market, and looking for the lowest possible costs, the installation does not reach a worthwhile profit in its entire lifetime.

Key Words: Photovoltaic, Solar Panels, Electrical Installation, Electrical Energy, Renewable Energy.



ÍNDICE

MEMORIA

1. INTRODUCCION	8
1.1. OBJETO Y ALCANCE DEL PROYECTO:	8
1.2. EMPLAZAMIENTO DEL PROYECTO:	8
1.3. LEGISLACIÓN VIGENTE:	8
1.4. ENERGÍA SOLAR:	9
2. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	10
2.1. PANELES:	10
2.2. ESTRUCTURA:	10
2.3. INVERSOR:	11
2.4. CABLES:	11
2.5. CANALIZACIONES:	13
2.6. PROTECCIONES:	13
2.7. CONTADOR DE ENERGÍA GENERADA:	15
2.8. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN:	15
2.9. PUESTA A TIERRA:	15
3. ESTRUCTURA DEL PROYECTO	16
3.1. POTENCIA INSTALADA:	16
3.2. CÁLCULO DEL NÚMERO DE PANELES:	16
3.3. DISTANCIA MÍNIMA ENTRE PANELES EN PARALELO:	17
3.4. DISTRIBUCIÓN PANELES CON INVERSOR:	17
3.5. DISTRIBUCIÓN DE LOS CABLES:	18
3.6. DISTRIBUCIÓN DE LAS PROTECCIONES:	19
3.7. CAJA DE CONEXIONES:	19
3.8. CANALIZACIONES	20
3.9. CONEXIÓN CON EL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN:	21



4. ESTUDIO ECONÓMICO.....	22
4.1. CALCULO DE ENERGÍA GENERADA:.....	22
4.2. ESTUDIO DE LA INVERSIÓN:	23
4.3. ESTUDIO DE LA RENTABILIDAD:	23
4.4. CONCLUSIONES:	24

ANEXO

1. TABLAS Y CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	27
1.1. TABLA DE INCLINACIONES:.....	27
1.2. COMPARACIÓN DE IRRADIACIÓN:	28
1.3. COMPARACIÓN DE PANELES:.....	28
1.4. COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS:.....	29
1.5. COMPARACIÓN DE INVERSORES:.....	29
1.6. DIMENSIONAMIENTO DE LOS CABLES:	30
1.7. CÁLCULO DE LAS PROTECCIONES:.....	31
1.8. CÁLCULO DE PUESTAS A TIERRA:	32
1.9. CÁLCULO DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN:.....	33
1.10. CÁLCULO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA:	34
2. GRÁFICOS E IMAGENES DE LOS EQUIPOS INSTALADOS.....	35
2.1. PANELES:	35
2.3. INVERSOR:.....	35
2.4. CABLES:	36
2.5. FUSIBLES:	36
2.6. INTERRUPTORES:	37
2.7. DESCARGADOR DE TENSIÓN	38
2.8. VIGILADOR DE AISLAMIENTO.....	38
3. DATOS UTILIZADOS	39
3.1. DATOS DE IRRADIACION:	39
3.2. DATOS DE GENERACIÓN:	42
3.3. DATOS DE ENERGÍA:.....	45



PLANOS

PLANOS DEI EMPLAZAMIENTO DEL PROYECTO..... 48

1.1. PLANO DE PARCELA:48

1.2. PLANO DE DISTRIBUCIÓN DE LOS PANELES:48

1.3. ESTRUCTURA:49

1.4. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN:50

PLANOS DE CONJUNTO 51

2.1. CONEXIÓN ENTRE PANELES:51

2.2. CONJUNTO PANELES-ESTRUCTURA:51

2.3. CONEXIÓN PANELES CON INVERSOR:51

2.4. CONEXIÓN DE PROTECCIONES:52

2.5. ESQUEMA DE LAS PUESTAS A TIERRA:53

PRESUPUESTO GENERAL 55

PLIEGO DE CONDICIONES

PLIEGO DE CONDICIONES DE LOS EQUIPOS INSTALADOS..... 59

1.1. PANELES:59

1.2. ESTRUCTURA:59

1.3. INVERSOR:59

1.4. CABLES:59

1.5. FUSIBLES:59

1.6. INTERRUPTORES:60

1.7. DESCARGADOR DE TENSIÓN:60

1.8. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN:60

1.9. CAJA DE CONEXIONES:60

PLIEGO DE CONDICIONES DEL PERSONAL AJENO 60

2.1. INSTALACIÓN:60

2.2. MANTENIMIENTO:60

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS..... 61



MEMORIA

MEMORIA

1. INTRODUCCION

1.1. OBJETO Y ALCANCE DEL PROYECTO:

El objeto del proyecto es el de realizar el diseño de una instalación fotovoltaica, de 9MW, conectada a la red pública de tal manera que se optimice la parcela disponible. Durante el proceso de diseño se compararán distintos equipos los cuales serán analizados según su viabilidad económica. El diseño comprende desde la selección de los paneles hasta el dimensionamiento de los centros de transformación previos a la conexión a red.

1.2. EMPLAZAMIENTO DEL PROYECTO:

El emplazamiento disponible es una parcela situada en la calle agrícola RM-F15, La Loma, Murcia. Se encuentra en una zona en la cual no hay elementos tales como arboles o edificios altos que provoquen sombras.

Coordenadas : 37°41'34.1" N
1°00'47.1" W

Altitud : 56 m

Superficie total : 125.627'32 m²
(12'5 hectáreas)

datos obtenidos de (Google, 2012)

(ver Planos: 1.1.Plano de parcela).

1.3. LEGISLACIÓN VIGENTE:

La legislación que rige la instalación eléctrica es la siguiente:

- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT), instrucciones técnicas complementarias:
 - ITC-BT-08 "Sistemas de conexión del neutro y de las masas en redes de distribución de energía eléctrica".
 - ITC-BT-18 "Instalaciones de puesta a tierra".
 - ITC-BT-21 "Tubos y canales protectores".
 - ITC-BT-22 "Protección contra sobrentensiones".
 - ITC-BT-23 "Protección contra sobretensiones".
 - ITC-BT-24 "Protección contra los contactos directos e indirectos".
 - ITC-BT-40 "Instalaciones generadoras de BT"
- Norma UNE 20-460 "Instalaciones eléctricas en edificios".
- Reglamento de alta tensión, instrucción técnica complementaria MIE-RAT 13 "Instalaciones de puestas a tierra".

1.4. ENERGÍA SOLAR:

La capacidad de generación de energía eléctrica viene condicionada por la irradiación solar sobre el emplazamiento. Murcia se beneficia de un alto nivel de irradiación y presenta una variación de temperatura no muy severa, a lo largo del año. Los paneles solares aprovechan la irradiación solar, pero disminuye su rendimiento conforme sube la temperatura.

Se han recogido datos de la irradiancia solar cada hora, para un día de cada mes, durante un año. Estos datos se han obtenido de la base de datos del software (PVGIS, 2003)(*daily radiation*). Además, se han estudiado datos registrados de las temperaturas máximas y mínimas sobre el emplazamiento, obtenidos de la (Agencia Estatal de Meteorología, 2016). Donde se observó que la frecuencia de nevada sobre la zona era prácticamente nula

Tras analizar las inclinaciones óptimas para cada mes (*ver Anexo: 1.1.Tabla de inclinaciones*). Se ha optado por realizar estudios de irradiación solar sobre el emplazamiento a distintos ángulos de incidencia (*ver Anexo: 1.2.Comparación de irradiación*), y así estimar una generación aproximada para la selección del tipo de ángulo que llevara la estructura.

El emplazamiento recibe una irradiación de entorno los $6028,1 \text{ kWh/m}^2$ de media diarios .

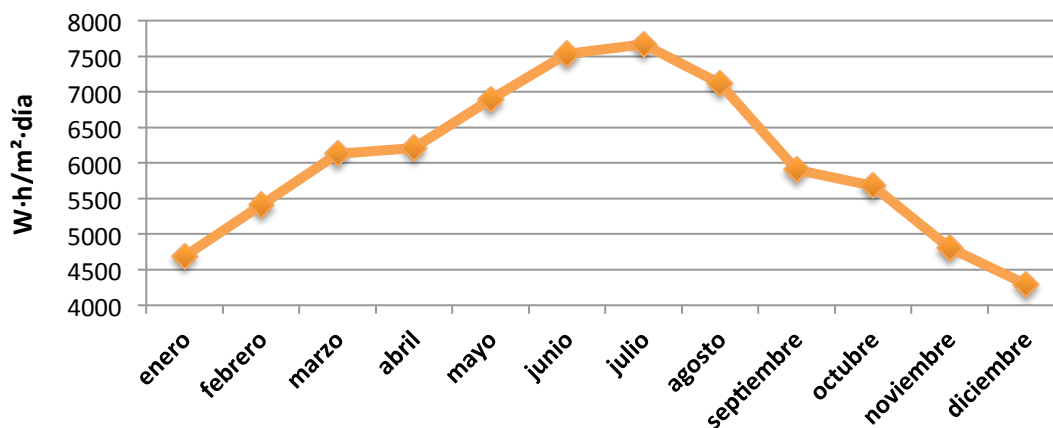


Figura 1.1

Irradiación recibida en el emplazamiento un día de cada mes durante un año.

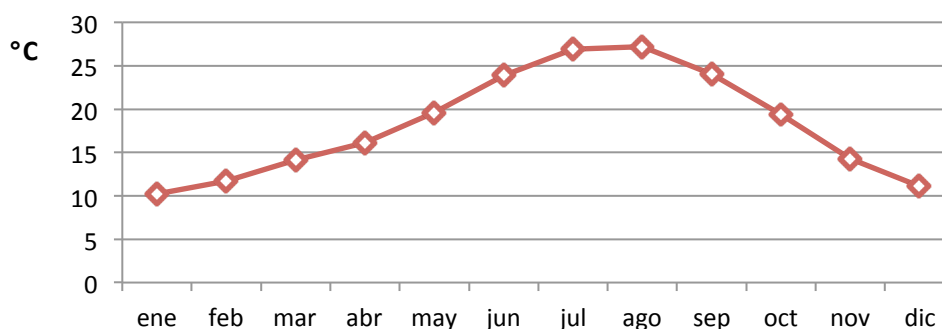


Figura 1.2

Temperatura media mensual a lo largo de un año



Temperatura media más alta (°C)	30.1 (jul 2015)
Temperatura media más baja (°C)	6.5 (feb 1956)
Temperatura máx. absoluta (°C)	46.1 (04 jul 1994)
Temperatura mín. absoluta (°C)	-6.0 (21 dic 1941)

Tabla 1.1

Temperaturas extremas obtenidas de (Agencia Estatal de Meteorología, 2016)

2. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

2.1. PANELES:

Los paneles son los elementos que transforman la energía solar a energía eléctrica en forma de corriente continua. Esto los convierte en una parte muy importante de la instalación. Por ello, los criterios de diseño que se han empleado son de máxima potencia, buena eficacia y alta garantía y vida útil. Los paneles seleccionados son del fabricante (ATERSA, 2014): **GSE Optimum 310W**.

Se ha seleccionado este fabricante por ser una empresa de Valencia, disminuyendo así los costes de transporte y, además, presentan una gran vida útil ofreciendo una de las mejores garantías del mercado. Se ha optado por utilizar el panel tipo **GSE Optimum policristalino de 72 células y 310W**, siendo éste el más grande de su grupo y el más potente. Se han comparado con paneles de tipo monocristalino (ver Anexo: 1.3.Comparación de paneles). Concluyendo en que, estos últimos, aunque presenten una leve mejora en la eficiencia, presentan un mayor coste.

Las dimensiones y la potencia generada según la irradiación se pueden encontrar en el catálogo de fabricante y se han recogido en:(ver Anexo: 2.1.Paneles).

Características del panel: (ATERSA, 2014)

- Potencia máxima : **310 W**
- Tensión máxima potencia : **37'32 V**
- Corriente máxima potencia : **8'31 A**
- Tensión de circuito abierto : **45'72 V**
- Corriente de cortocircuito : **8'87 A**
- Eficiencia del modulo : **15'94 %**
- Peso : **23'5 kg**
- Dimensiones : **[1955x995x50] mm**
- Superficie Útil : **1'945 m²**
- Conectores : **4 mm²**

2.2. ESTRUCTURA:

La selección de la estructura determina el seguimiento al sol además del ángulo de incidencia. Las opciones para huertos solares son estructuras fijas, móviles en un eje y móviles en dos ejes. Después de haber realizado un estudio a distintos ángulos de incidencia (ver Anexo: 1.2.Comparación de irradiación), se ha realizado un estudio de la inversión para cada estructura (ver Anexo: 1.3.Comparación de estructuras) y se ha tomado la decisión de emplear una estructura fija anclada al suelo con una inclinación de **34°**, por ser económicamente la más viable y no se desaprovecha por tanto la energía generada en una estructura con seguimiento solar.

La estructura se ha diseñado a la medida de los paneles, así se optimiza el espacio, y se recomienda por mandar a fabricar a la empresa (MADE Torres y Herrajes, 2016) la cual ofrece muy buenas referencias acerca de estructuras solares hechas a medida. (ver Planos: 1.3.Estructura).

La estructura diseñada:

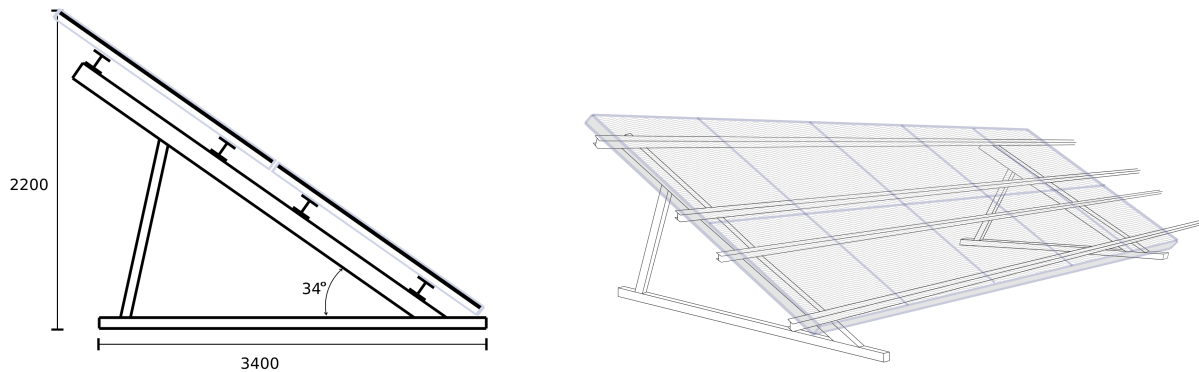


Figura 2.1
Esquema de la estructura

2.3. INVERSOR:

EL inversor es el elemento capaz de transformar la corriente continua, que proporcionan los paneles a la corriente alterna, que contiene la red de la empresa distribuidora. Los criterios de selección han sido de máxima capacidad limitada a la tensión de **1000V** para realizar una instalación de B.T.

Los inversores seleccionados son del fabricante: **(ABB, 2014) central inverter PVS – 800.**

Se ha seleccionado este inversor después de la comparación con distintos fabricantes (*ver Anexo: 1.4.Comparación de inversores*). Se han estudiado inversores de distintas potencias, donde el inversor de ABB PVS – 800 de **250 kW** ofrece la mayor capacidad al menor coste económico. Dentro de los límites de tensión e intensidad, este inversor permite la conexión de 900 paneles por cada inversor.

Características del inversor: (ABB, 2014)

Lado corriente continua:

- Potencia máxima : **300 kW**
- Potencia nominal : **250 kW**
- Rango de Tensión : **[450 – 825] V**
- Tensión máxima : **1000 V**
- Intensidad máxima : **600 A**

Lado corriente alterna:

- Potencia nominal : **250 kW**
- Potencia máxima: **250 kW**
- Tensión nominal : **400/230 V**
- Intensidad nominal : **485 A**
- Frecuencia de salida : **50/60 Hz**

2.4. CABLES:

Los cables y accesorios que se han seleccionado son, los del fabricante (PRYSMIAN, 2014). Dado a su garantía demostrada en sus catálogos de amplio contenido de información. Se van a emplear tres tipos de secciones de cables, calculados según (*ver Anexo: 1.6.Dimensionamiento de los cables*).

- *Conductores de fases.*

· El cable a emplear para la conexión *panel-panel* (8'31 A) es el cable que nos proporciona el panel de sección: **4 mm²**, de longitud: **1 m** con conectores ya instalados (ATERSA, 2014). Se empleará un solo cable por fase. Este cable estará tendido al aire, o apoyado en la estructura.

· El cable para la conexión *final de string-caja de conexión* (415'5 A): **P.SUN 2.0** de sección: **4 mm²** de 2 colores, negro y rojo, y longitud máxima de un cable: **100 m**. Se empleará uno por fase. Cada fase será de un tipo. La conexión con el negativo del panel llevará una terminación **MACHO TECPLUG** y la otra terminación desnuda para la conexión con la caja. Y la conexión con el positivo del panel llevará una terminación **HEMBRA TECPLUG** y la otra terminación desnuda. Se van a emplear uno de cada por cada string por lo que resultarían en: 50 strings x 32 inversores = **1600 cables de cada tipo**. Este cable irá por una canalización de PVC desde la estructura al final del string hasta la caja de conexiones. Irán de dos en dos por las canalizaciones, dado que la estructura contiene dos strings. Este tipo de cable se vende en bobinas de 250m de cable.

· El cable para la conexión *caja de conexión-inversor*: **P.SUN 2.0** de sección: **240 mm²** de 2 colores y longitud: **10 m**. Se empleará un solo cable por fase. Por lo que este cable debe soportar toda la intensidad que le llega al inversor del grupo generador. También irá por dentro de una canalización de PVC desde la caja de conexión hasta el inversor. Y estos dentro de una bandeja perforada de PVC. Este cable viene en bobinas de 250m de cable.

· El cable para la conexión *inversor-centro de transformación*: cable unipolar **AFUMEX Plus 750V** de sección: **185 mm²** de 4 colores con un mínimo de **4 cables** por fase, con una longitud máxima de: **200 m**. Este cable irá enterrado sin tubo por debajo de los paneles, a profundidad de 0,5m y separados 0,03m.

(ver Memoria: 3.5.Distribución de los cables).

- Conductores de protección.

Los conductores de protección se han diseñado según la ITC-BT-18 se emplearán cables **AFUMEX Plus 750V**.

Sección de los conductores de fase de la instalación S (mm²)	Sección mínima de los conductores de protección S_p (mm²)
S ≤ 16	S _p = S
16 < S ≤ 35	S _p = 16
S > 35	S _p = S/2

Tabla 1.2

Tabla según la ITC-BT-18 para el dimensionamiento de los conductores de protección

- Conductores de paneles solares hasta la caja de conexión.
 - Sección de Fase: 4mm²
 - Sección de Protección: **4mm²**
- Conductores de caja de conexión hasta el inversor.
 - Sección de Fase: 240mm²
 - Sección Protección: **120mm²**
- Conductores de inversor hasta transformador.
 - Sección de Fase: 185mm²
 - Sección de Protección: **95mm²**



- *Accesorios:*

- Conector macho-hembra **TECPLUG** de **4 mm²**

Se van a emplear 3200 unidades. 1600 machos y 1600 hembras.

2.5. CANALIZACIONES:

Las canalizaciones se han diseñado según la ITC-BT-21, Los cables *panel-panel* irán tendidos al aire, detrás de los paneles y podrán estar apoyados en la estructura, protegidos de la lluvia. Los demás irán por dentro de tubos, debido a la distancia que deben recorrer.

- Tubos de protección para cables de **PVC** de:

- Sección: **25 mm²** para los cables de 4 mm²
- Sección: **720 mm²** para los cables de 240 mm²

(*ver Planos: 2.2.Conexión paneles inversor*).

2.6. PROTECCIONES:

El esquema de distribución de la planta fotovoltaica, del lado de *corriente continua*, corresponde al esquema **IT**, debido a que no hay fase neutro y las líneas están aisladas de tierra. Este tipo de esquema es seguro frente a un primer fallo de aislamiento, ya que la fase que entre en contacto con las masas conectadas a tierra, tendrán el potencial de tierra el cual será el mismo que el de algún operario que entre en contacto con las masas, lo que resultara en corriente nula circulando por el operario. El problema resulta en un segundo fallo de aislamiento, el cual si la segunda fase entra en contacto con las masas en contacto con la otra fase, se estará cerrando el circuito a través de las masas, estableciendo la tensión de las masas a la de la línea. Si un operario entrase en contacto con estas masas se crearía una corriente de defecto al estar el operario a una tensión de tierra distinta a la de las masas. Por lo tanto, el sistema de protección de la instalación **IT** será el que ante un primer fallo de aislamiento se detecte y se aisle el grupo generador mediante interruptores, para así proteger el equipo inversor, y además que se corte el string que presente una sobrecarga o cortocircuito.

El esquema de distribución del lado de *corriente alterna* es el **TN**, debido a que conectaremos el neutro a tierra con las masas de baja tensión del lado de corriente alterna, pero mantendremos las masas del centro de transformación independiente con el objeto de evitar tensiones peligrosas en el lado de baja tensión. Se ha optado por esta configuración por reducir la cantidad de puestas a tierra. Por ello, se deberá cortar la línea que presente intensidades distintas a la nominal, en cualquiera de sus fases, mediante interruptores automáticos capaces de cortar la línea que presente cortocircuito *fase-neutro* en un tiempo menor que el admisible ($t_{adm} = 0'1s$), según la norma UNE 20-460 para instalaciones **TN** de más de 400 voltios de tensión nominal. Además de poder abrir para maniobra. (*ver Anexo: 1.7.Cálculo de las protecciones*).

Las protecciones que se van a emplear se han optado por ser del mismo fabricante que el del inversor (ABB, 2014) así maximizar la fiabilidad de conexión entre dispositivos:



- Protecciones Corriente Continua:

· **Fusibles** : Tipo *gPV (específicos para aplicaciones fotovoltaicas)* para corriente continua, uno por string para cortar el string que presente una intensidad superior a la nominal. Para ello, se han seleccionado los fusibles **E-9F15-PV** con su porta fusibles correspondiente **E-90-PV** ambos seleccionados del catalogo de productos de baja tensión de (ABB, 2011).

- Tensión nominal : **1000 V**
- Intensidad nominal : **15A**

· **Interruptores Seccionadores** : Los interruptores son los encargados de cortar la línea al inversor y además cortocircuitar el grupo generador, así no dejar la tensión de vacío. Por ello, los interruptores actuarán sobre la línea que une el inversor con los paneles. Además, se ha optado por utilizar interruptores maniobra/seccionadores, así poder emplear los interruptores como protección y además como corte de línea cuando se necesite realizar alguna maniobra. Estos son los **OTDC630** del fabricante (ABB, 2011) con el accesorio de contacto auxiliar que permite el control electrónico del interruptor mediante el vigilador de aislamiento. Se emplearán dos interruptores normalmente cerrados y uno normalmente abierto por cada grupo inversor, según (*ver Planos: 2.3.Conexión de aparatos de protecciones*).

- Tensión de circuito abierto : **1000 V**
- Intensidad de empleo : **630 A**

· **Vigiladores de aislamiento** : El vigilador de aislamiento es el dispositivo que se encarga de monitorizar el primer fallo de aislamiento y mandar la señal a los interruptores para que protejan la línea. Lo que lo hace un elemento que debe ser fiable y con gran comunicación. Por ello se ha elegido seguir empleando la misma marca fabricante (ABB, 2011). Las opciones que ofrecía son la gama ISL-A y la gama CM-IW. La primera gama nos ofrece protección para líneas de menor de 600 voltios. La segunda gama nos ofrece el **CM-IVN** para aplicaciones de 1000VDC. Se instalará uno por grupo inversor, con tres contactos auxiliares para cada interruptor.

· **Protección frente a sobretensiones** :Según la ITC-BT-23 se ha de proteger la instalación frente a tensiones elevadas. Aparte, la instalación se encuentra a la intemperie, por lo que se deberá proteger frente a sobretensiones ocasionadas por rayos. Para ello, se ha seleccionado el descargador de tensión de (ABB, 2012) - **OVR PV 40-1000 P**. Se empleará uno por cada línea, por lo que serán dos por grupo inversor.

- Tensión nominal : **1000 V**
- Corriente máxima de descarga : **40 kA**
- Corriente nominal de descarga : **20 kA**

- Protecciones Corriente Alterna:

· **Interruptores automáticos**: Se ha optado por emplear el interruptor automático **Tmáx T2 160 TDM** de 4 polos para la protección a contactos directos e indirectos y sobrecorrientes del lado de corriente alterna. Desde el inversor hasta el transformador se protegerá cada fase de los cables *inversor-centro de transformación* (121'3 A y 300 V). Estas son 4 por fase por lo que se emplearán 4 interruptores automáticos por inversor. Siendo de 4 polos, cada interruptor tendrá conectados un cable R, S, T y un Neutro.

- Tensión nominal : **690V**
- Intensidad nominal : **160 A**

- Tensión asignada soportada : **8 kV**
- Poder asignado de corte : **85 kA**

· **Protección frente a sobretensiones** : Se ha seleccionado el descargador de tensiones **OVR T2 3L 40-400/690 P** del fabricante (ABB, 2012). Se instalará uno por línea, por lo tanto serán

- Tensión nominal : **400/690 V**
- Corriente máxima de descarga : **40 kA**
- Corriente nominal de descarga : **20 kA**

(ver Memoria: 3.5.Conexión de protecciones).

2.7. CONTADOR DE ENERGÍA GENERADA:

La medida de la energía se efectuará mediante un cuadro de contadores conectados al secundario del transformador. Se deberán de igualar las tensiones e intensidades de la celda medida. Una opción de contador es el que ofrece (ABB, 2011) con la gama *System PRO M Compac*.

2.8. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN:

Para la conexión con la red eléctrica, según el REBT, debemos conectarnos a la misma tensión. Para ello se han diseñado centros de transformación que cumplen con este requisito. Se ha optado por utilizar **4 transformadores** de **2.500 kVA** con 8 inversores conectados en paralelo a cada uno. (ver Planos 1.4.Centro de transformación)

“Será prefabricado de tipo interior, empleando para su aparellaje celdas prefabricadas bajo envolvente metálica. ... El Centro estará ubicado en una caseta o envolvente independiente destinada únicamente a esta finalidad. En ella se ha instalado toda la aparamenta y demás equipos eléctricos. ...Para el diseño de este centro de transformación se han observado todas las normativas antes indicadas, teniendo en cuenta las distancias necesarias para pasillos, accesos, etc.”

-Sacado de la memoria generada por el programa CT.-

- La potencia total instalada de los transformadores: **2.500 kVA x 4trafos = 10.000 kVA.**
- La potencia pico conectada a un transformador: **250 kW x 8 inversores = 2.000 kW.**

Se han dimensionado por encima de la instalación por poder transformar la instalación sin problemas en los transformador de potencias elevadas. (ver Anexo: 1.9.Cálculo del centro de transformación).

2.9. PUESTA A TIERRA:

Para el diseño de las puestas a tierra se ha empleado la ITC-BT-18
Se han dimensionado 2 tipos de puesta a tierra:

- Puesta a tierra de masas de B.T. junto con la puesta a tierra del neutro del transformador.
- Puesta a tierra de las masas del centro de transformación.

· La puesta a tierra para las *masas de baja tensión y la puesta a tierra de servicio* que se ha optado por usar es la de un **hilo conductor** con una longitud mínima de **300m**. Si por algún caso se debería realizar más corto. Se deberán poner dos conductores conectados entre sí de al menos 150m. Así se

establece una resistencia de menos de 2Ω . Así asegurar una protección eficaz frente a intensidades de defecto. (ver Anexo 1.7. Cálculo de puesta a tierra). A esta puesta a tierra se conectarán el neutro de la línea de alterna y todas las masas del baja tensión, ya sean de corriente continua o alterna, incluyendo los paneles.

· La puesta tierra de las masas del centro de transformación es la de un **mallado equipotencial con anillo rectangular de hilo conductor desnudo** de sección: 50mm^2 instalado en el perímetro del centro de transformación a profundidad de $0'8\text{m}$, con **4 picas** verticales de 8m de largo y de diámetro: 14mm . Teniendo una resistencia de $20'1\Omega$.

(ver Planos 2.4. Esquema de las puestas a tierra).

3. ESTRUCTURA DEL PROYECTO

3.1. POTENCIA INSTALADA:

La potencia que se desea instalar es de 9MW . A partir de esta potencia se ha dimensionado la instalación a la superficie disponible. Se ha estudiado si era posible alcanzar esta potencia en la parcela disponible, para ello se ha calculado la superficie necesaria para los 29.000 paneles necesarios para alcanzar los 9MW (ver Memoria: 3.2. Cálculo del número de paneles):

- Superficie de la parcela : $12'5$ hectáreas.
- Superficie de 1 panel + sombra : $3'685\text{ m}^2$.
- Superficie aproximada de 29.000 paneles : $10'7$ hectáreas.

La superficie disponible es capaz de contener los 9MW deseados, y dejando espacio para accesos y casetas de centros de transformación, se puede concluir que se está optimizando la parcela.

3.2. CÁLCULO DEL NÚMERO DE PANELES:

Para una primera aproximación se han calculado un número de paneles de la siguiente manera:

$$\frac{\text{Potencia Deseada Instalada}}{\text{Potencia del Panel}} = \frac{9000000\text{ W}}{310\text{ W}} = 29.032'25\text{ paneles}$$

Según la capacidad del inversor:

$$\frac{\text{Capacidad Inversor}}{\text{Potencia del Panel}} = \frac{300000\text{ W}}{310\text{ W}} = 967'74\text{ paneles/inversor}$$

Limitando tensiones e intensidades de entrada al inversor: $900\text{ paneles/inversor}$ y 32 inversores .

$$\frac{\text{Paneles}}{\text{inversor}} \times n^{\circ}\text{ de inversores} = 900 \times 32 = \mathbf{28.800\text{ paneles}}$$

Potencia Instalada: $28.800 \times 310\text{ W} = \mathbf{8'93\text{MW}}$

3.3. DISTANCIA MÍNIMA ENTRE PANELES EN PARALELO:

Los paneles se deben posicionar a una distancia de manera que no creen sombras en la fila precedente. Se han dimensionado las estructuras para crear el ángulo óptimo de incidencia de 34°. Para conocer la distancia mínima entre paneles hay que conocer cual es la sombra que crea la fila de paneles con el sol en su posición o "altura solar" mas baja del año. Siendo esta $H = 29^\circ$. (ver Anexo: 1.1.Tabla de inclinaciones).

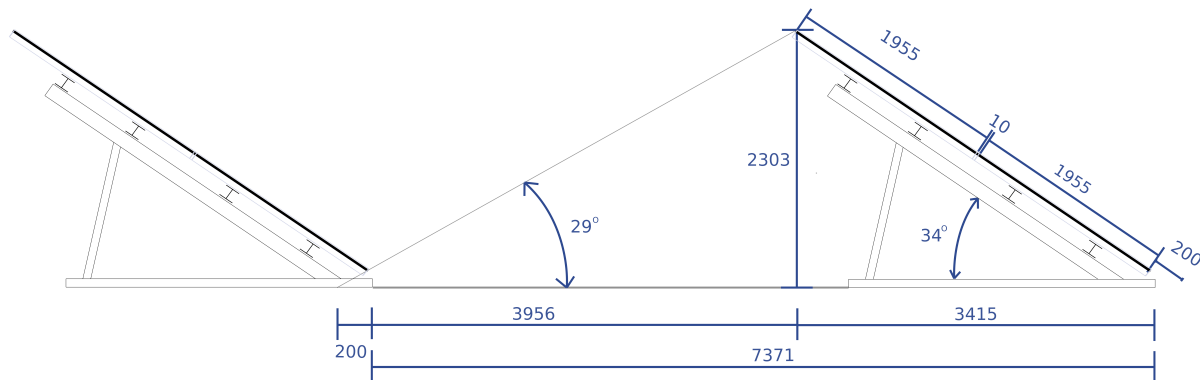


Figura 3.1 (mm)

Distancia mínima entre paneles en paralelo.

·Superficie necesaria 28.800 paneles: $[7'371 \times 0'995]m^2 \times [28.800/2]paneles = 105.611'7 m^2$

3.4. DISTRIBUCIÓN PANELES CON INVERSOR:

Para conocer la distribución de un grupo inversor.se ha calculado la capacidad de conexión de los inversores. Se ha concluido que cada inversor es capaz de conectar 900 paneles. A partir de este dato se han calculado las intensidades y tensiones de diseño que tendrá la instalación del grupo inversor.

Grupo Inversor:

Capacidad:	$300 kW(Inv.) / 310 W(panel)$	= 967'741	900 paneles
Paneles en SERIE:	$825 V(Inv.) / 45'72V(panel)$	= 18'044	18 paneles/rama
Ramas en PARALELO	Capacidad / P. Serie	= 53'763	50 ramas/inversor

Tabla 3.1

Capacidad por inversor

La configuración de la conexión (ver Planos: 3.2.Conexión paneles con inversor).

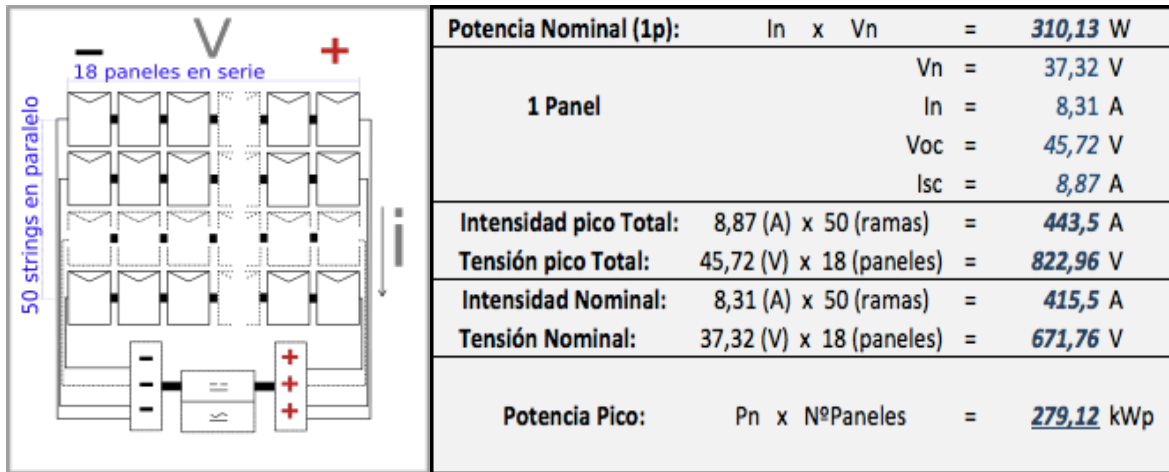


Figura 3.2

Esquema de distribución de un grupo inversor.

Tabla 3.2

Tabla de calculo de intensidades y tensiones de diseño

3.5. DISTRIBUCIÓN DE LOS CABLES:

Los cables se han dimensionado según la norma UNE 20-460 (ver Anexo: 1.6.Dimensionamiento de los cables). Se distribuyen de las siguiente manera:

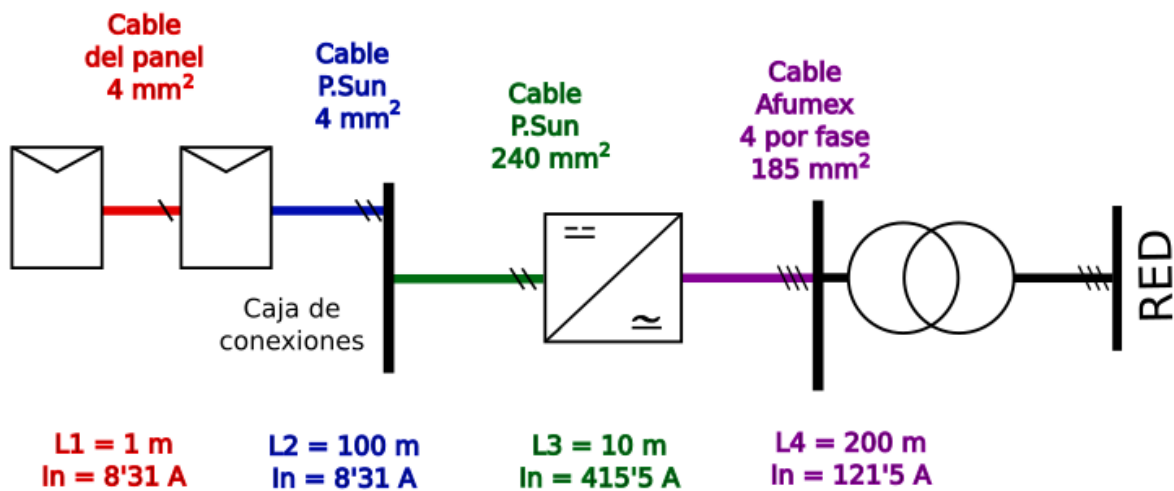


Figura 3.3

Distribución de los cables

3.6. DISTRIBUCIÓN DE LAS PROTECCIONES:

Las protecciones se han dimensionado para ser conectados de la siguiente manera:
Se conectarán 50 strings por inversor protegidos mediante fusibles e interruptores-seccionadores controlados por el vigilador de aislamiento en las líneas al inversor. Se conectarán 8 inversores por cada transformador cada línea protegida con un interruptor automático. Toda la instalación tendrá el descargador de tensión adecuado para la protección a sobrecargas.

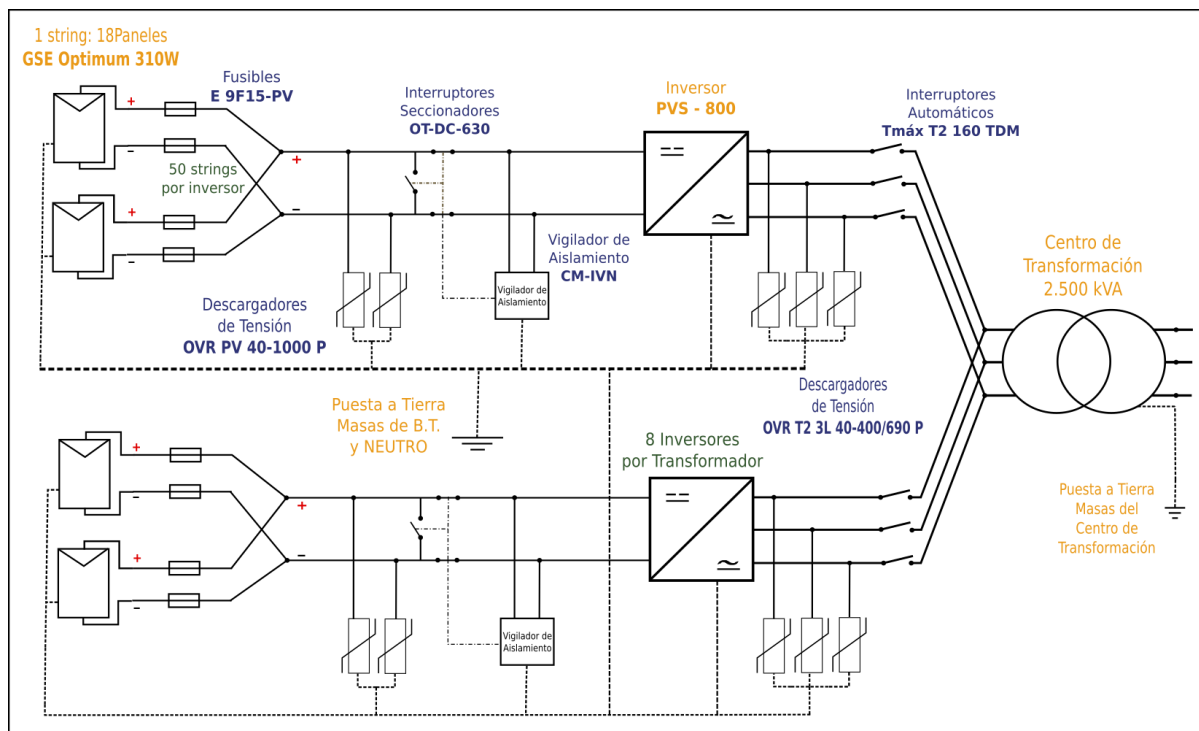


Figura 3.4
Esquema de conexión de los dispositivos de protección

3.7. CAJA DE CONEXIONES:

Las cajas de conexiones dispondrán de las protecciones diseñadas, por lo que deberán tener el espacio suficiente para que se puedan instalar todas las protecciones que deban contener. Se utilizarán dos por inversor, una para el lado positivo(+) y otra para el lado negativo (-) (ver Planos: 2.2.Conexión panel inversor).

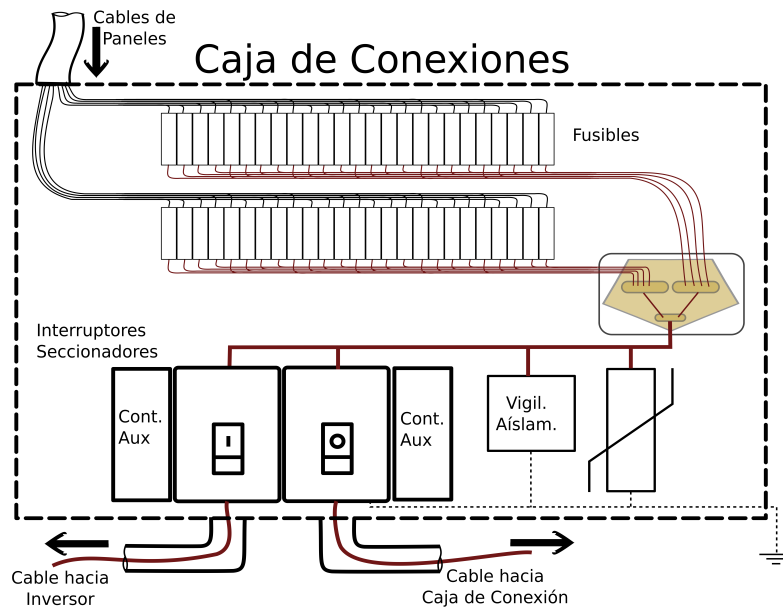


Figura 3.5
Diagrama de la caja de conexión.

3.8. CANALIZACIONES

Las canalizaciones estarán dispuestas por el suelo, por debajo de las estructuras y por los lados de las filas (ver Planos: 2.3. Conexión paneles con inversor). Dado que no es un lugar de acceso habitual, no se precisa de bandejas.

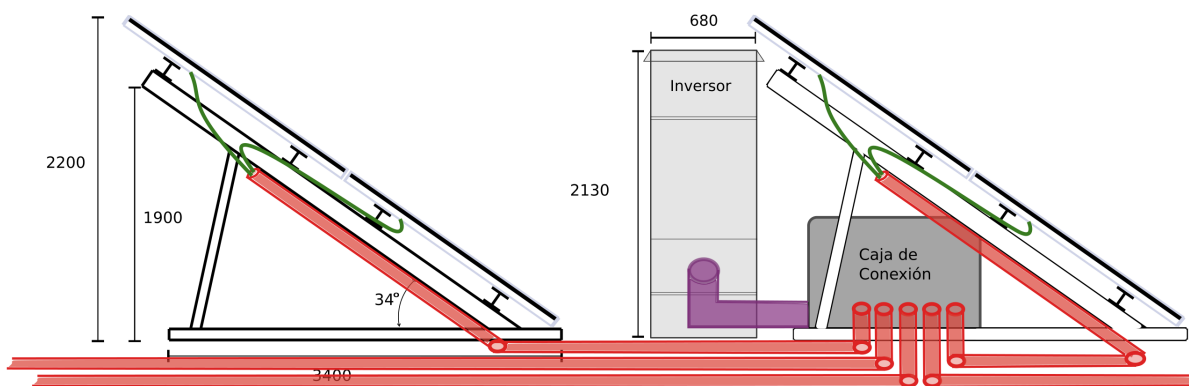


Figura 3.6
Diagrama de disposición de las canalizaciones.

3.9. CONEXIÓN CON EL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN:

La conexión con el transformador será directamente en las celdas que contiene el centro transformador. Diagrama obtenido de los planos generados por el programa CT de (dmELECT, 2014)

ESQUEMA UNIFILAR

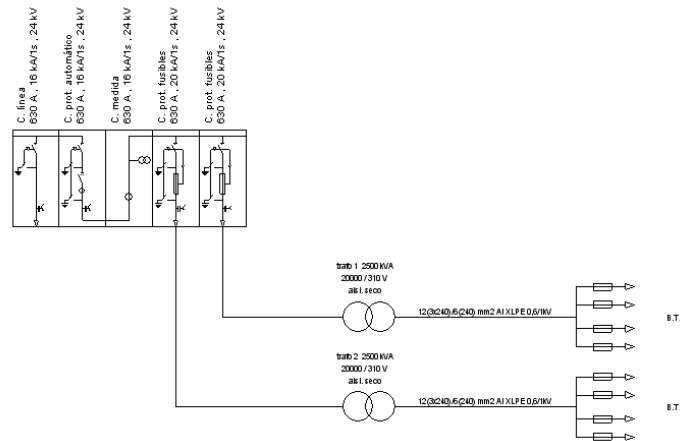


Figura 3.7

Esquema unifilar de conexiones del transformador.

4. ESTUDIO ECONÓMICO

4.1. CALCULO DE ENERGÍA GENERADA:

Para realizar un estudio de viabilidad se ha realizado una estimación de la generación de la planta fotovoltaica. Para ello se han recogido los datos de irradiación de (PVGIS, 2003) cada 20 minutos para un día tipo de cada mes. (ver Anexo: 3.1 Datos de irradiación) De estos datos se han sacado promedios de irradiación horaria cada mes y con las gráficas del panel (ver Anexo: 2.1 Paneles) se han obtenido unas generaciones teóricas para cada hora (ver Anexo: 3.1 Datos de generación). En esta **Tabla 4.1 Generación de energía eléctrica** se recoge la suma de la irradiación y generación estimada al día de cada mes, y la estimación de la generación total por mes de la instalación.

(ver Anexo: 1.3. Calculo de la energía generada)

	G (Wh/m ² ·día)	E (1 panel) (Wh/día)	E (instalación) (Wh/día)	E (instalación) (Wh/mes)
enero	4687,00	1380,0	39744000	1240620000
febrero	5410,25	1559,7	44919360	1402170300
marzo	6125,00	1827,5	52632000	1642922500
abril	6214,25	1799,0	51811200	1617301000
mayo	6898,17	2073,6	59719680	1864166400
junio	7529,50	2166,8	62403840	1947953200
julio	7670,33	2231,6	64270080	2006208400
agosto	7119,00	2134,2	61464960	1918645800
septiembre	5904,00	1890,8	54455040	1699829200
octubre	5681,50	1702,6	49034880	1530637400
noviembre	4802,92	1375,8	39623040	1236844200
diciembre	4295,25	1262,0	36345600	1134538000

Tabla 4.1
Generación de energía eléctrica

$$E_{gen.teórica\ total} = 19.241'84 \frac{MW \cdot h}{año}$$

Esta energía generada es un valor teórico por encima del real, debido a que no se están teniendo en cuenta las pérdidas en los paneles, sombras, suciedad, temperatura, cables, inversor, CT y otros dispositivos de conexión. Debemos tener en cuenta un porcentaje del rendimiento o PR (Performance Ratio) de la instalación. En la práctica se obtiene calculando la cantidad de energía generada en un día por la instalación entre la potencia instalada comparada con la cantidad de energía que recibe la instalación ese día entre la irradiación en condiciones estándar.

$$PR = \frac{Y_f}{Y_R} = \frac{E_{gen} / Pot_{pico_inst}}{G_{dia} / G_{SRC}}$$



Los valores típicos del PR rondan los 0'75, y cada día puede presentar un valor distinto. Este dato caracteriza lo buena que es una instalación. Valores por encima del 0'75 son para instalaciones que presentan un buen rendimiento de sus aparatos. Para los cálculos, este valor se estima en la instalación a partir de los rendimientos de los aparatos:

- Paneles: 0'8
debido a sombras, suciedad y temperaturas distintas a la estándar.
- Inversor: 0'7
debido a errores en el seguimiento de máxima potencia y a su propio rendimiento
- Cables: 0'9
por caídas de tensión, limitadas a 1%
- Transformador: 0'75
debido a pérdidas por calentamientos y disipaciones en los flujos magnéticos.

Todo esto resulta en un PR estimado para cálculos de:

PR = 0'789

$$E_{generada\ total} = E_{gen.teórica\ total} \cdot PR = 15.181'81 \frac{MW \cdot h}{año}$$

4.2. ESTUDIO DE LA INVERSIÓN:

La inversión del proyecto abarca la obtención de los materiales y una estimación del montaje en obra. (ver *PRESUPUESTO*). En el presupuesto se indica el peso que se ha establecido a cada material según su complejidad y coste de la mano de obra. La inversión inicial asciende a un total de :

€ 30.498.424,80.

4.3. ESTUDIO DE LA RENTABILIDAD:

Para el estudio de la rentabilidad ,después de conocer una estimación de la generación anual de energía eléctrica, se ha consultado las curvas agregadas de oferta/demanda de la base de datos de (OMIE, 2015)(ver *Anexo: 3.3.Datos de energía*). Obteniendo una generación anual media : **19.241'84 MWh/año** se ha calculado, con las fluctuaciones del mercado del 2015, que la planta presenta unos beneficios de : **€ 945.447,98** anuales. Por lo que en un estudio de 25 años, que es lo que se establece como vida útil de la instalación,(garantía de rendimiento de los paneles de 22 años) generara un total de : **€ 23.636.199,62** .

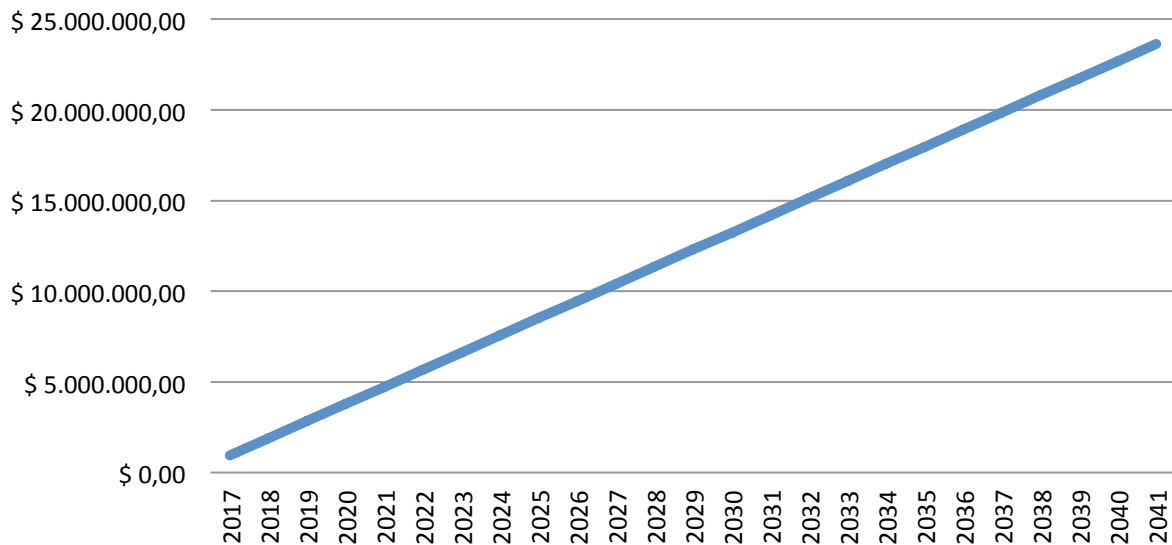


Figura 4.2
Recta del beneficio en el tiempo

4.4. CONCLUSIONES:

Como se ha podido observar a lo largo de una vida útil de 25 años la instalación no genera la suficiente energía para poder rentabilizar los costes de inversión. Este proyecto, pensado a largo plazo, dado que el futuro deberá depender de energías renovables, sí se aplicase un mantenimiento adecuado, cambiasen los paneles y los instrumentos fallidos (volver a invertir en los materiales € **10.711.766,99** sin contar centros de transformación y puestas a tierra). Se podría realizar un estudio de la planta para una vida útil de 50 años.

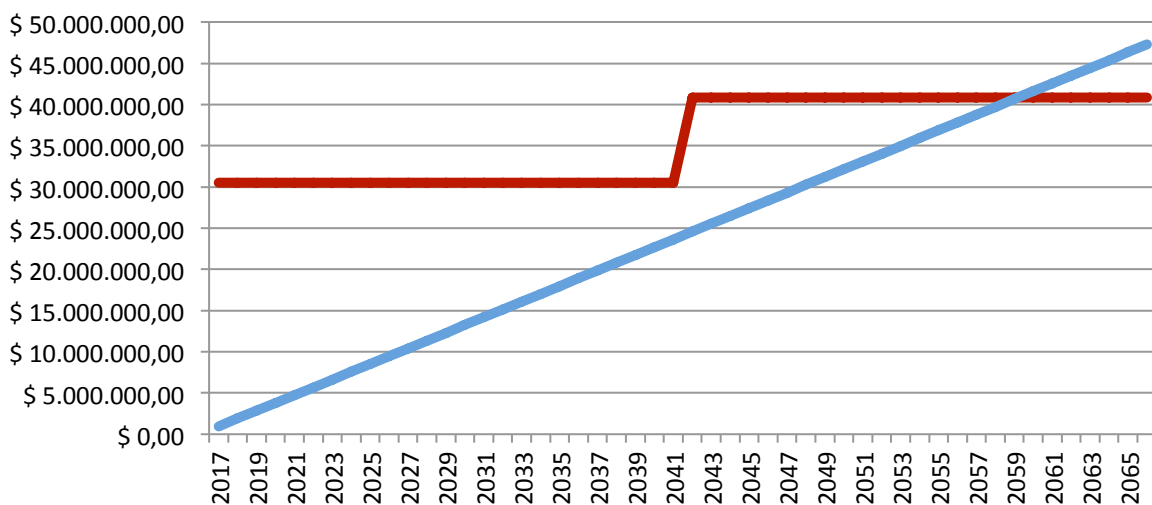


Figura 4.3
Rectas de beneficio y coste en el tiempo



Se ha observado que a lo largo de los 50 años estipulados, habiéndose buscado la optimización a menor coste, el beneficio solamente llega a alcanzar el valor de la inversión necesaria para la instalación y funcionamiento de la planta fotovoltaica a los 44 años de vida de la instalación. Es por lo tanto que se ha concluido que una instalación de un huerto solar, en el mercado de la energía actual de España, **no es una inversión rentable**. Es una necesidad indispensable que cambie el mercado actual para incentivar este tipo de plantas.



ANEXO

ANEXO

1. TABLAS Y CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

1.1. TABLA DE INCLINACIONES:

Tabla de inclinaciones optimas para alrededor del día 10 de cada mes. Latitud φ : 37'41°

n	MES	δ (°)	H (°)	β (°)
		Declinación	Altura solar	Inclinación
10	enero	-22	30	60
41	febrero	-14'9	37'1	52'9
68	marzo	-5'2	46'8	43'2
99	abril	7'2	59'2	30'8
129	mayo	17'2	69'3	20'7
160	junio	22'9	74'9	15'1
190	julio	22'4	74'4	15'6
221	agosto	15'7	67'7	22'3
252	septiembre	4'6	56'6	33'4
282	octubre	-7'3	44'7	45'3
313	noviembre	-17'7	34'4	55'6
343	diciembre	-23	29	61

Tabla 1.1
Tabla de inclinaciones

· **Numero de día n :**

1 de enero	=	1
10 de enero	=	10
10 de febrero	=	41
...		
31 de diciembre	=	365

· **Declinación δ**
$$\delta = 23'45^\circ \cdot \text{sen} \left[\frac{360}{365} \cdot (n + 284) \right]$$
 [1.1]

· **Altura solar H**
$$H = 90^\circ - \varphi + \delta$$
 [1.2]

· **Inclinación β**
$$\beta = 90^\circ - H$$
 [1.3]

1.2. COMPARACIÓN DE IRRADIACIÓN:

Comparación a distintos ángulos de inclinación de los paneles. Datos de irradiación $G(kW/m^2 \cdot año)$ obtenidos por una estimación con un día tipo de cada mes (ver Anexo 3.1 Datos de irradiación), según (PVGIS, 2003), por tantos días de ese mes. Se han calculado unas generaciones estimadas por 1 panel, para poder realizar la comparación, mediante la gráfica de intensidad frente a voltaje del panel (ver Planos: Figura 2.2).

1panel: [1'995x0'995]m ²		G kW/m ² ·año	G kW/año	E kW/año
Angulo FIJO	30°	2194'6	4356'4	661'4
Angulo FIJO	32°	2197'6	4362'4	662'3
Angulo FIJO	34°	2201'8	4370'6	663'5
Angulo FIJO	36°	2200'4	4367'9	663'1
Angulo FIJO	38°	2197'5	4362'2	662'2
Angulo	Variable SSS	2322'7	4610'5	699'9
Angulo	Variable CSS	2327'0	4619'2	701'3

Tabla 1.2

Comparación de irradiación

- SSS: Sin Seguimiento Solar.
- CSS: Con Seguimiento Solar.

1.3. COMPARACIÓN DE PANELES:

Se han comparado paneles del mismo fabricante (ATERSA, 2014) de tipo monocristalino y policristalino. Datos obtenidos de los catálogos proporcionados en la web del fabricante.

Comparación paneles		Monocristalino	Policristalino
Potencia máxima	(W)	310	310
Tensión	(V)	38,01	37,32
Corriente	(A)	8,16	8,31
Tensión de vacío	(V)	46,19	45,72
Corriente cortocircuito	(A)	8,67	8,87
Eficiencia	(%)	15,96	15,94
Precio		€ 382,80	€ 378,20
Calculo de generación para un día del mes abril.			
Irradiación	(Wh/m ² ·año)	4.282'94	4.282'94
Energía generada	(MWh/año)	19.352'46	19.241'83
Inversión 28.880 paneles		€ 11.055.264,00	€ 10.922.416,00

Tabla 1.4

Comparación de paneles

1.4. COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS:

Para la selección de la estructura se ha hecho una comparación de estructuras comerciales, con distintas características. Las opciones en consideración han sido: fijas, con movimiento en un eje, movimiento en dos ejes. La elección se ha tomado según generación eléctrica y economía. El precio total se ha calculado para la instalación de 29.000 paneles.

Tipo	E (kW/año)	Importe (€/ud)	Capacidad (paneles/ud)	Precio TOTAL
Fija	663'1	2.250	36	€ 1.812.500,00
Est. de inclinación variable	699'9	3.500	36	€ 2.819.444,44
Est. de 2 ejes variables	701'3	2.300	15	€ 4.446.666,67

Tabla 1.5
Comparación de estructuras

1.5. COMPARACIÓN DE INVERSORES:

Comparación según capacidad e inversión económica. Los datos han sido obtenidos de los catálogos de los distintos fabricantes. (Schneider Electric, 2012); (Advanced Energy, 2014); (Santerno, 2014); (ABB, 2014); (Satcon, 2012)

Fabricante	Modelo	Potencia	Potencia	Rango de	Intensidad	Precio
		Máxima	Nominal	Tensión mpp	Máxima	
Schneider Electric	Context TL	25 kW	22 kW	[350 - 800] V	30 A	€ 11.950'00
Advanced Energy	AE 3TL 1000	40'6 kW	39 kW	[250 - 900] V	40 A	€ 12.850'00
Santerno	Sunway TG - 800	255'9 kW	216'3 kW	[476 - 800] V	408 A	€ 43.700'00
ABB	PVS - 800	300 kW	250 kW	[450 - 825] V	600 A	€ 40.250'00
Satcon	Power Gate Plus	-	250 kW	[330 - 600] V	781 A	-
Satcon	Equinox 1MW CE	-	1 MW	[615 - 850] V	1844 A	-
<i>28.880 paneles</i>		Capacidad	Paneles en	Strings en	Nº de	Precio
			SERIE	PARALELO	Inversores	TOTAL
Schneider Electric	Context TL	80	16	5	362	€ 4.325.900'00
Advanced Energy	AE 3TL 1000	76	19	4	381	€ 4.895.850'00
Santerno	Sunway TG - 800	800	16	50	36	€ 1.573.200'00
ABB	PVS - 800	900	18	50	32	€ 1.288.000'00
Satcon	Power Gate Plus	806	13	62	35	-
Satcon	Equinox 1MW CE	3222	18	179	9	-

Tabla 1.6
Comparación de inversores

1.6. DIMENSIONAMIENTO DE LOS CABLES:

Para el calculo de los cables se han tenido en cuenta ITC-BT-40 y la UNE 20-460 sobretodo a la tabla A52-1.

- **Criterio Térmico:**

· Cable de conexión *panel-panel* y *final de string-caja de conexión*:

Intensidad Total (máx.):		8'87	A
ICT-BT-40:	(1'25)	11'08	A
UNE 20-460	(0'9)	12'31	A

Tipo **E** (*panel-panel*) y **F** (*final de string-caja de conexión*) con aislamiento **XLPE3**

Sección mínima : 1'5 mm² · (Cable del panel : **4 mm²**)

· Cable de conexión *caja de conexión-inversor*:

Intensidad Total (máx.):		415'50	A
ICT-BT-40:	(1'25)	519'37	A
UNE 20-460	(0'9)	577'08	A

Tipo **F** con aislamiento **XLPE3**

Sección mínima : 240 mm²

· Cable de conexión *inversor-centro de transformación*:

Intensidad Total (máx.):		485	A
ICT-BT-40:	(1'25)	606'25	A
UNE 20-460	(0'9)	673'61	A
2canalizaciones		242'5 (336'8)	A
3canalizaciones		161'6 (224,5)	A
4canalizaciones		121'3 (168'4)	A

Tipo **G** con aislamiento **XLPE3**

Sección mínima (2canaliz.) : 240 mm²

Sección mínima (3canaliz.) : 120 mm²

Sección mínima (4canaliz.) : 95 mm²

- **Criterio de Caída de Tensión:** (*Limitamos $\Delta V < 1\%$*); ($\rho_{\text{cobre}}(45^\circ\text{C}) = 0,01893 (\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m})$)

· Comprobación del cable de sección : **4 mm²** · *Tensión nominal: 671 V* · *Longitud máxima: 100m.*

$$\begin{aligned} \nabla e &< 6'71 \text{ V} \\ \nabla e &= \text{Intensidad} \cdot \rho_{\text{cobre}} \cdot \frac{\text{Longitud}}{\text{Sección}} \\ \nabla e &= 4'198 \text{ V} \end{aligned} \quad [1.4]$$

CUMPLE : Sección 4 mm²

· Comprobación del cable de sección : **240 mm²** · *Tensión nominal: 671 V* · *Longitud máxima: 20m.*

$$\begin{aligned} \nabla e &< 6'71 \text{ V} \\ \nabla e &= \text{Intensidad} \cdot \rho_{\text{cobre}} \cdot \frac{\text{Longitud}}{\text{Sección}} \\ \nabla e &= 0'655 \text{ V} \end{aligned}$$

CUMPLE : Sección 240 mm²

· Comprobación del cable de sección : **185 mm²** · Tensión nominal: 400 V · Longitud máxima: 200m.
4 Canalizaciones · Intensidad nominal 121 A · X = 130 mΩ/km · cos φ = 0'9

∇e	<	4'00	V
∇e	=	$\sqrt{3} \cdot \text{Intensidad} \cdot (\rho_{\text{cobre}} \cdot \frac{L}{s} \cos \varphi + X \cdot \frac{L}{1000} \cdot \sin \varphi)$	
∇e	=	3,84	V

CUMPLE: Sección 185 mm²

1.7. CÁLCULO DE LAS PROTECCIONES:

Las protecciones se han diseñado según las condiciones de la norma UNE 20-460. Con el objetivo de protección frente a contactos directos e indirectos y para la protección a sobrentensiones y sobretensiones.

- Para las **protecciones del lado IT** se han diseñado fusibles e interruptores capaces de proteger las líneas. Para ello, se han calculado las intensidades de actuación que garantizan el funcionamiento efectivo de protección de los fusibles (I_2). Además de las intensidades y tensiones que deberán soportar los seccionadores. Teniendo $(I^2t)_{adm} = 1'08 \times 10^6 A^2s$, proporcionado por el fabricante.

· Fusibles:

Protección de la línea *panel-caja de conexión* Intensidad de diseño ($I_B = 8'87A$) y Intensidad admisible por el conductor ($I_Z = 46A$).

$$I_{cc} = \frac{U_{fase}}{R_A} = \frac{1000V}{2\Omega} = 500 A$$

$$a) \quad I_B \leq I_n \leq I_Z$$

$$8'87 \leq I_n \leq 46$$

$$b) \quad I_2 \leq 1'45 \cdot I_Z$$

$$I_2 \leq 72'5A$$

El fusible E 9F15 PV presenta $I_n = 15A$, con $I_2 = 2 \cdot I_n = 30A$ y un poder de corte de: 50kA.

· Interruptores-seccionadores:

Intensidad de diseño ($I_B = 443'5A$) y Intensidad admisible por el conductor ($I_Z = 590A$).
Son controlados por el vigilador de aislamiento.

El interruptor seleccionado presenta $I_n = 630A$, y un poder de corte de: 20kA.

- Para las **protecciones del lado TN** se han empleado canalizaciones y cajas de conexión con interruptores automáticos y se ha calculado la intensidad de cortocircuito máxima que el automático debe soportar y la intensidad de cortocircuito mínima a la que debe cortar.

· Interruptores automáticos:

Intensidad de diseño ($I_B = 121A$) y Intensidad admisible por el conductor ($I_Z = 297A$).

Se ha calculado las corriente de cortocircuito máximas y mínimas que el interruptor debe cortar en un tiempo inferior al admisible de ($t_{adm} = 0'05s$) según la MIE RAT. Para ello, se ha sacado la impedancia del cable en cortocircuito y a partir de esta las intensidad de cortocircuito máximas en el origen y la intensidad mínima de cortocircuito ante un falle fase-neutro en la línea de *inversor-centro de transformación*.

$$R_{Línea,cc} = R_{cc} + R_L = \frac{\varepsilon_{Rcc}(\%)}{100} \cdot \frac{U_n^2}{S_n} + 0'106 \frac{\Omega}{km} \cdot 0'$$

$$X_{Línea,cc} = X_{cc} + X_L = \frac{\varepsilon_{Xcc}(\%)}{100} \cdot \frac{U_n^2}{S_n} + 0'130 \frac{\Omega}{km} \cdot 0'2km = 29'1 \text{ m}\Omega$$

$$Z_{Línea,cc} = \sqrt{R_{Línea,cc}^2 + X_{Línea,cc}^2} = 36'36 \text{ m}\Omega$$

$$I_{cc,min} = \frac{U_{fN}}{\sqrt{3} \cdot Z_{Línea,cc}} = \frac{230 \text{ V}}{\sqrt{3} \cdot 36'36 \text{ m}\Omega} = 3'65 \text{ kA}$$

$$I_{cc,máx} = \frac{U_{red}}{\sqrt{3} \cdot Z_{cc}} = \frac{20000 \text{ V}}{\sqrt{3} \cdot 36'36 \text{ m}\Omega} = 72'3 \text{ kA}$$

$$(I_{cc,máx}^2 t)_{IA} = 261'3 \times 10^6 \leq 699'9 \times 10^6 = (KS)^2 = (I^2 t)_{adm}$$

$$a) \quad I_B \leq I_n \leq I_Z$$

$$120 \leq I_n \leq 297 \text{ (A)}$$

$$b) \quad I_2 \leq 1'3 \cdot I_Z$$

$$I_2 \leq 386'1 \text{ A}$$

El interruptor seleccionado presenta $I_n = 160\text{A}$, una intensidad de corte regulable $I_2 = (0'7 \dots 1)I_n$ y una intensidad de corte a ($t_{accionamiento} = 0'05\text{s}$) de $I_3 = 10 \cdot I_n = 1600 \text{ A}$ y un poder de corte de: 85kA. Las condiciones de protección:

- Poder de corte $> I_{cc,máx}$
- $I_3 < I_{cc,min}$
- $(I_{cc,máx}^2 t)_{IA} \leq (I^2 t)_{adm}$; ($K=143$, Cobre con XLPE)

(ver Anexo: 2.6.Interruptores: Figura2.12)

1.8. CÁLCULO DE PUESTAS A TIERRA:

Las puestas a tierra se han dimensionado según la ITC-BT-18. Con una resistividad del terreno de: ($\rho = 300 \Omega \cdot \text{m}$).

· La puesta a tierra para las *masas de baja tensión y neutro del transformador* (R_A):

Se ha optado por realizar una puesta a tierra con resistencia total de 2Ω , para asegurar la protección frente a rayos de las masas de baja tensión. Las opciones estudiadas han sido la de picas verticales y conductores horizontales. Se ha optado por la segunda debido a que se realiza en una única instalación.

- Pica vertical: ($L = 5\text{m}$)

$$\cdot R = \frac{\rho}{L} = \frac{300}{5} = 60 \Omega$$

$$\cdot R_A = R/n = 2 \Omega$$

- n = 30 picas verticales.

- Hilo conductor horizontal: ($L = 300\text{m}$).

$$\cdot R = \frac{2 \cdot \rho}{L} = \frac{600}{300} = 2 \Omega$$

- 1 Hilo conductor de 300m.

· La puesta a tierra de las *masas del centro de transformación* (R_T):

Se compone por un malla electro-soldada equipotencial con un anillo rectangular con 8 picas de 8m a una profundidad de 0'8m se muestra en los planos (ver Planos: 1.4.Centro de transformación). Se han

calculado la resistencia de la puesta a tierra y las tensiones de contacto y paso máximas. Además de la intensidad de defecto máxima del lado de alta tensión.

$$\cdot R_T = k_r \cdot \rho = 0'046 \cdot 300 = \mathbf{20'1 \Omega}$$

$$\cdot I_d = \frac{U_{red}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_n + R_T + R')^2 + X_n^2}} = \mathbf{500 A} \quad (\text{impuesta por la red, con } X_n = 25'4 \Omega)$$

$$\cdot V_{cont \text{ máx}} = \mathbf{0 V} \quad (\text{por la malla equipotencial})$$

$$\cdot V_{paso \text{ máx}} = k_p \cdot \rho \cdot I_d = 0'0066 \cdot 300 \cdot 500 = \mathbf{990 V}$$

$$\cdot V_{p(acc) \text{ máx}} = k_c \cdot \rho \cdot I_d = 0'0138 \cdot 300 \cdot 500 = \mathbf{2070 V}$$

1.9. CÁLCULO DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN:

Para el diseño del centro de transformación se han realizado los siguientes criterios:

- Potencia: 2.500kVA (la más grande posible para obtener el menor número de transformadores)
- Relación de transformación: 20/0'4 kV
- Potencia de cortocircuito: 350MVA
- $\varepsilon_{CC} = 5\%$
- $\varepsilon_{RCC} = 1\%$
- $\varepsilon_{XCC} = \sqrt{\varepsilon_{CC}^2 - \varepsilon_{RCC}^2} = 4'89 \%$

a) Intensidades nominales:

$$- \text{Alta tensión: } I_{n1} = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_1} = \frac{2500}{\sqrt{3} \cdot 20} = 72'16 A$$

$$- \text{Baja tensión: } I_{n2} = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_2} = \frac{2500}{\sqrt{3} \cdot 0'4} = 3608'4 A$$

b) Intensidades de cortocircuito:

- Alta tensión: Bornes del transformador

$$\cdot \text{Permanente: } I_{k1} = \frac{S_k}{\sqrt{3} \cdot U_1} = \frac{350000}{\sqrt{3} \cdot 20} = 10'1 kA$$

$$\cdot \text{Máxima instantánea: } I_{s1} = \sqrt{2} \cdot 1'8 \cdot I_{k1} = 25'7 kA$$

- Baja tensión: Bornes del transformador

$$\cdot R_{CC} = \frac{\varepsilon_{RCC}(\%)}{100} \cdot \frac{U_n^2}{S_n} = 0'64 m\Omega$$

$$\cdot X_{CC} = \frac{\varepsilon_{XCC}(\%)}{100} \cdot \frac{U_n^2}{S_n} = 3'13 m\Omega$$

$$\cdot Z_{CC} = \sqrt{R_{CC}^2 + X_{CC}^2} = 3'19 m\Omega$$

$$\cdot \text{Permanente: } I_{k2} = \frac{U_{n2}}{\sqrt{3} \cdot Z_{CC}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 0'00319} = 72'3 kA$$

$$\cdot \text{Máxima instantánea: } I_{s2} = 2'55 \cdot I_{k2} = 184 kA$$

c) Tensiones de contacto y paso admisibles:

con $K = 72$ y $n = 1$ para un tiempo de disparo ($t_d = 0'1s$). Siendo ($\rho = \rho_1 = 300 \Omega \cdot m$) la resistividad del suelo exterior y ($\rho_2 = 1.500 \Omega \cdot m$) la resistividad del suelo interior del centro.

- $V_{c,ad} = \frac{K}{t_d^n} \cdot \left(1 + \frac{1,5 \cdot \rho}{1000}\right) = 1220 V$
- $V_{p,ad} = \frac{10K}{t_d^n} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot \rho}{1000}\right) = 20'16 kV$
- $V_{p(acc),ad} = \frac{10K}{t_d^n} \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot \rho_1 + 3 \cdot \rho_2}{1000}\right) = 46'1 kV$

Podemos concluir que la puesta a tierra de las masas del centro de transformación cumple con los requisitos que establece el MIE RAT 13 de tensiones de contacto y paso máximas (ver Anexo: 1.8. Cálculo de puestas a tierra), siendo estas menores a las admisibles.

1.10. CÁLCULO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA:

Aquí se muestra un ejemplo, para el mes de enero, de cómo se han obtenido los cálculos para la estimación de la energía eléctrica generada. Valores de intensidad (I) y voltaje (V) obtenidos de la gráfica de intensidad frente a voltaje del panel sacado del catalogo del panel (ATERSA, 2014)(ver Planos: Figura 2.2).

La irradiación a cada hora se a obtenido mediante un promedio de los datos obtenidos cada 20 minutos (ver Anexo 3.1. Datos de irradiación). Los datos de generación son una aproximación debido a ser un cálculo con los datos obtenidos a 'ojo' de la curva del panel.

Enero	G	I	V	I x V
9hs	(W/m ²)	(A)	(V)	(W)
07:30	263	2	35	70
08:30	456'5	3'75	37	138'75
09:30	595'25	5	36	180
10:30	679'75	5'6	35	196
11:30	708	5'8	35	203
12:30	679'75	5'6	35	196
13:30	595'25	5	36	180
14:30	456'5	3'75	37	138'75
15:30	228	2	35	70
16:30	25	0'3	25	7'5
TOTAL	4687			1380

Tabla 1.7
Cálculo de generación

- **G Irradiación(1mes)** : 145297 $\left(\frac{W}{m^2}\right)$
- **E Generación(1mes)** : 42780 (Wh) 1 panel
- **Generación mes de enero**: **124'011 (MW · h)** 28.880 paneles

2. GRÁFICOS E IMAGENES DE LOS EQUIPOS INSTALADOS

2.1. PANELES:

Paneles GSE Optimum 310W del fabricante ATERSA. *Catalogo disponible en la pagina web.*
 Imágenes obtenidas (ATERSA, 2014).

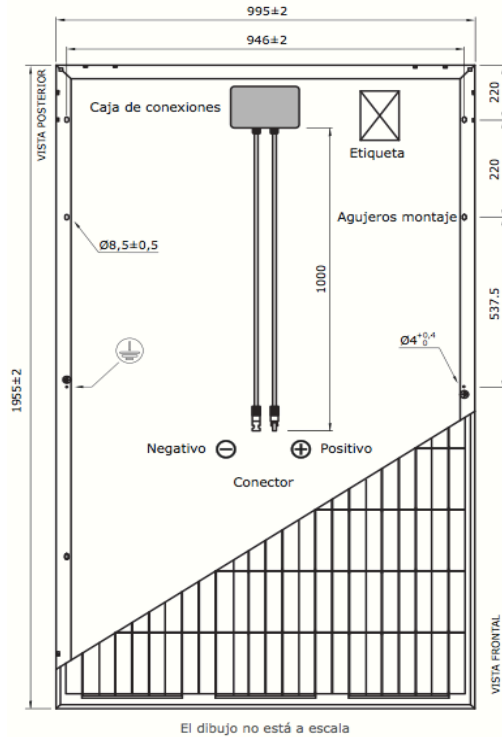


Figura 2.2

Dimensiones del panel



Figura 2.1

Panel policristalino 310W

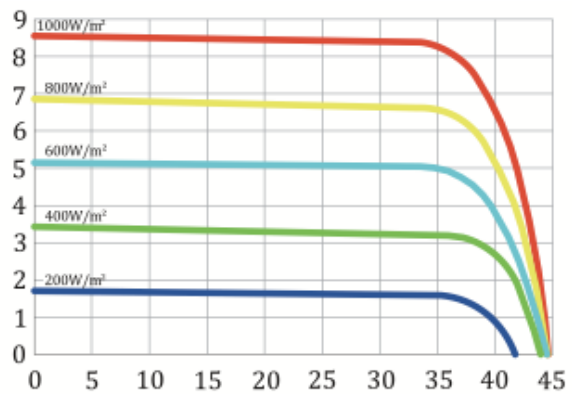


Figura 2.3

Gráfico de I – V para distintas Irradiaciones

2.3. INVERSOR:

El inversor PV-800 y las conexiones de entrada y salida, con las protecciones que tiene incluido. Obtenido del catalogo de (ABB, 2014)

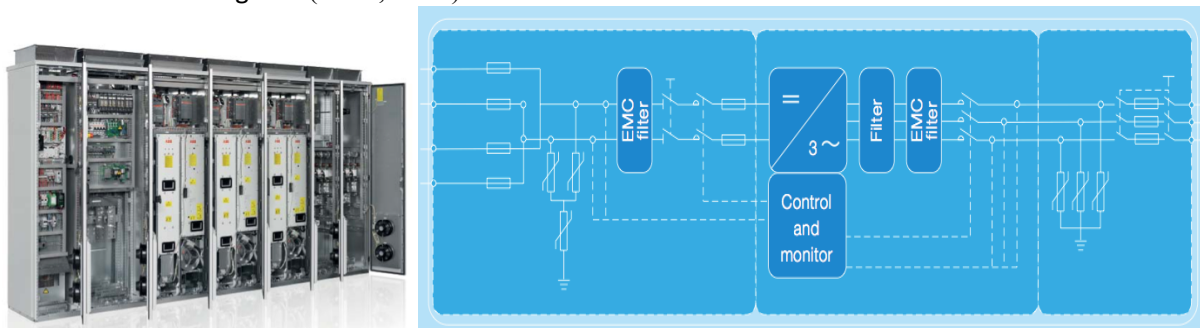


Figura 2.4

Inversor y conexiones de protecciones en el inversor.

2.4. CABLES:

Las tablas de los cables empleados obtenidos de: (PRYSMIAN, 2014)

CABLE P.SUN

P-Sun 2.0

Tensión nominal: 0,6/1 kV
Norma diseño: DKE/VDE AK 411.2.3
Designación genérica: ZZ-F

ESPECIAL FOTOVOLTAICA



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

DIMENSIONES, PESOS Y RESISTENCIAS (aproximado)

Número de conductores x sección mm²	Diámetro del conductor mm	Diámetro exterior del cable (valor máximo) mm	Peso kg/km	Resistencia del conductor a 20°C Ω/km	Intensidad admisible al aire (I) A	Caída de Tensión V/A km (corriente continua)
1x1.5	1,6	4,7	31	13,7	25	26,5
1x2.5	1,9	5,2	43	8,21	34	15,92
1x4	2,4	5,7	58	5,09	46	9,96
1x6	2,9	6,4	79	3,39	59	6,74
1x10	3,9	7,8	120	1,95	82	4
1x16	5,4	9,0	175	1,24	110	2,51
1x25	6,4	10,2	265	0,795	140	1,59
1x35	7,5	11,9	360	0,565	174	1,15
1x50	9	13,3	485	0,393	210	0,85
1x70	10,8	15,6	690	0,277	269	0,59
1x95	12,6	16,8	875	0,210	327	0,42
1x120	14,3	19,4	1100	0,164	380	0,34
1x150	15,9	21	1420	0,132	438	0,27
1x185	17,5	23,5	1655	0,108	500	0,22
1x240	20,5	26,3	2200	0,0817	590	0,17

AFUMEX PLUS

AFUMEX PLUS 750 V (AS)

Tensión nominal: 300/500 V - 450/750V
Norma diseño: UNE EN 50525-3-31
Designación genérica: ES05Z1-K(AS) - H07Z1-K (AS) TYPE 2



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

DIMENSIONES, PESOS Y RESISTENCIAS (aproximado)

Número de conductores x sección mm²	Espesor de aislamiento mm	Diámetro exterior mm	Peso total kg/km	Resistencia del conductor a 20°C Ω/km	Intensidad admisible (I) A	Caída de tensión V/A km (Z)	
						cos φ = 1	cos φ = 0,8
1x0.5	0.6	2.1	9	39	-	85.79	68.76
1x0.75	0.6	2.3	11	26.5	-	58.39	46.83
1x1	0.6	2.8	14	19.5	-	43.13	34.62
1x1.5	0.7	3.4	20	13.3	15	28.84	23.22
1x2.5	0.8	4.1	32	7.98	21	17.66	14.25
1x4	0.8	4.8	46	4.95	27	10.99	8.91
1x6	0.8	5.3	65	3.30	36	7.34	5.99
1x10	1.0	6.8	111	1.91	50	4.36	3.59
1x16	1.0	8.1	164	1.21	66	2.74	2.29
1x25	1.2	10.2	255	0.78	84	1.73	1.48
1x35	1.2	11.7	351	0.554	104	1.25	1.09
1x50	1.4	13.9	520	0.386	125	0.92	0.84
1x70	1.4	16	700	0.272	160	0.64	0.61
1x95	1.6	18.2	920	0.206	194	0.46	0.46
1x120	1.6	20.2	1190	0.161	225	0.36	0.38
1x150	1.8	22.5	1410	0.127	260	0.29	0.33
1x185	2.0	20.6	1770	0.106	297	0.26	0.28
1x240	2.2	28.4	2300	0.0801	350	0.18	0.24

Figura 2.5 y 2.6

Tablas de intensidades admisibles para los cables empleados.

2.5. FUSIBLES:

El fusible E-9F15-PV de (ABB, 2011)



Technical Features

Rated Voltage	[V]	1.000 c.c.
Rated Current	[A]	1...30
Breaking Capacity	[kA]	50
Minimum Breaking Capacity		From 1A up to 7A = 1.3 x In
Capacity		From 8A up to 30A = 2.0 x In
Overall Dimensions	[mm]	10,3x38
Weight	[g]	7

Figura 2.7

Características del fusible

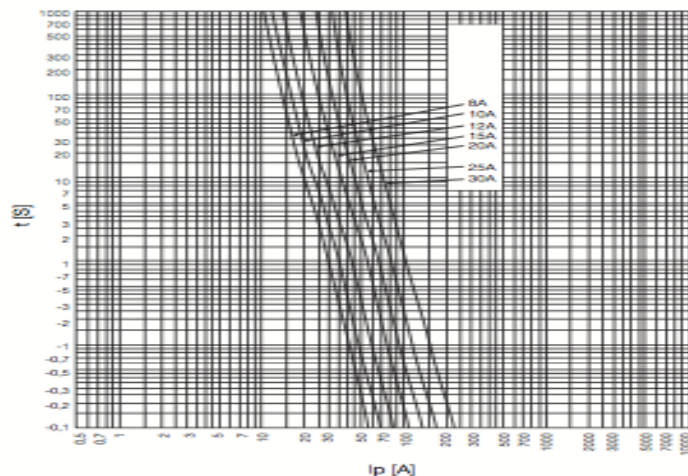


Figura 2.8

Curva I-t del fusible

2.6. INTERRUPTORES:

-Lado de corriente continua IT

Interruptores OT-DC-630 de (ABB, 2011):



Figura 2.9
Interruptor Seccionador

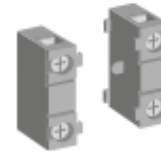


Figura 2.10
Contactos auxiliares

-Lado de corriente alterna TN

Interruptor automático Tmáx T2-160 TMD de (ABB, 2011):

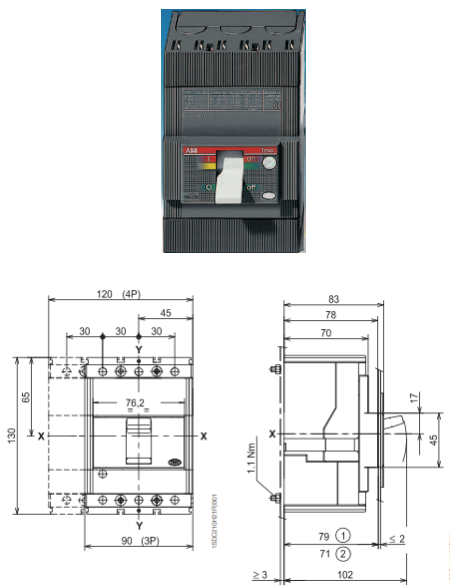


Figura 2.11
Plano del interruptor

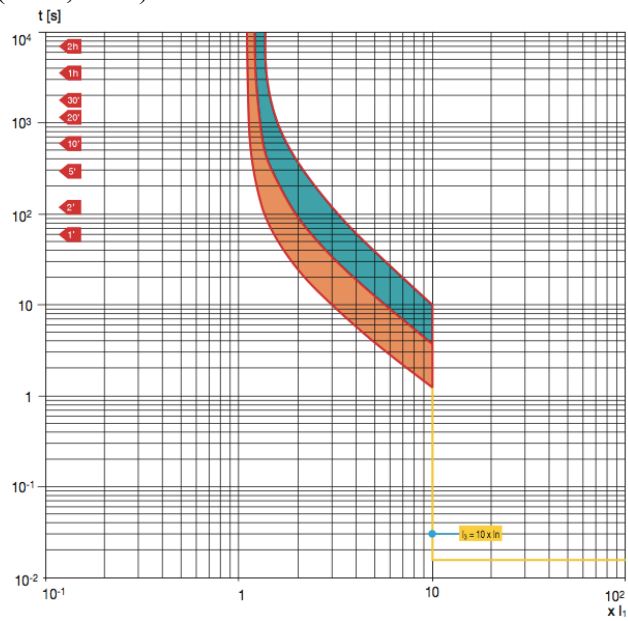
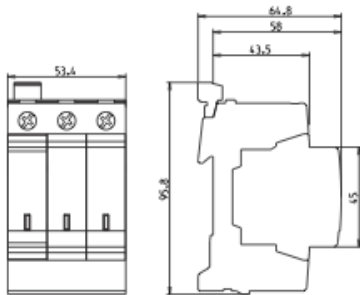


Figura 2.12
Curva de disparo

2.7. DESCARGADOR DE TENSIÓN

-Lado de corriente continua

Descargador de tensión OVR-PV 40-1000P de (ABB, 2012):



OVR PV 40-1000 P TS

Figura 2.13

Plano del descargador

Description	Impulse current I_{imp} (10/350)	Follow current I_k	Max. discharge current I_{max} (8/20)	C2 nominal discharge current I_n	Nominal voltage U_n	Protection level U_p
OVR PV 40-600 P 2CTB803953R5300	-	-	40 kA	20 kA	670 V	1.6 kV

Figura 2.14

Tabla de características del descargador

-Lado de corriente alterna

Descargador de tensión OVR T2 3L 40-600 de (ABB, 2012):



Nb of poles	Max. discharge current I_{max} kA	Nominal discharge current I_n kA	Voltage protection level U_p kV	Nominal voltage U_n V	Max. cont. operating voltage U_c V	Type	Order code	EAN code	Weight Pkg (1 pce) kg
4	70	30	2.0	230/400	440	OVR T2 4L 70-440s P TS	2CTB803853R7100	3660308 516947	0.48

Figura 2.15

Características del descargador de tensión

2.8. VIGILADOR DE AISLAMIENTO

Vigilador de aislamiento colocado en la caja de conexiones : CM-IWN de (ABB, 2011)

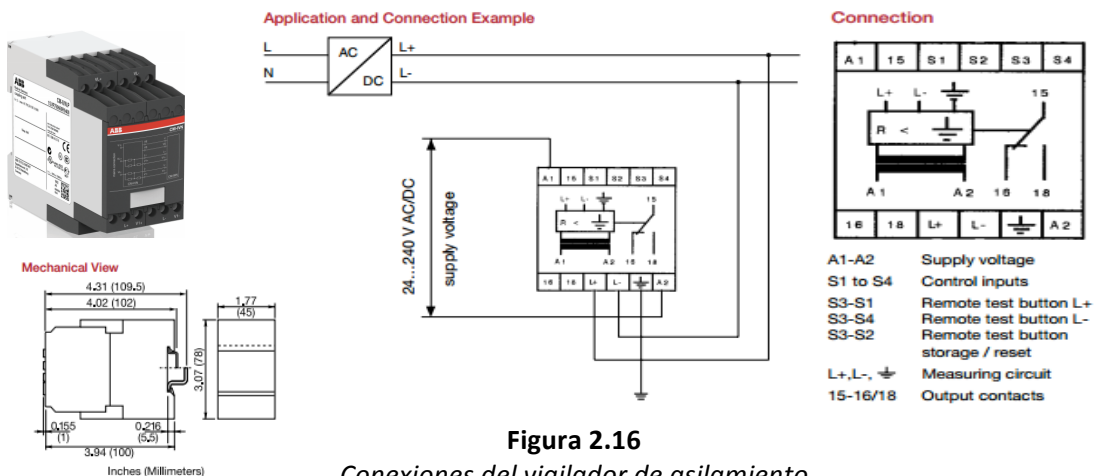


Figura 2.16

Conexiones del vigilador de aislamiento

3. DATOS UTILIZADOS

3.1. DATOS DE IRRADIACION:

Los datos de irradiación (W/m^2) utilizados para el cálculo de energía. Se han obtenido datos cada 20 minutos, aproximadamente, para un día tipo de cada mes con un ángulo de 34° . tabla 3.1. de (PVGIS, 2003) A partir de estos se ha hecho una media para cada hora mostrados en la tabla 3.2:

ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO	
Time	G	Time	G	Time	G	Time	G	Time	G	Time	G
07:37	174	07:07	125	06:22	62	05:52	41	05:22	44	05:07	38
07:52	239	07:22	186	06:37	114	06:07	78	05:37	60	05:22	52
08:07	294	07:37	241	06:52	164	06:22	116	05:52	84	05:37	62
08:22	345	07:52	295	07:07	215	06:37	159	06:07	122	05:52	96
08:37	393	08:07	346	07:22	268	06:52	204	06:22	163	06:07	136
08:52	437	08:22	396	07:37	319	07:07	250	06:37	207	06:22	180
09:07	479	08:37	443	07:52	370	07:22	296	06:52	253	06:37	226
09:22	517	08:52	487	08:07	419	07:37	342	07:07	299	06:52	275
09:37	551	09:07	528	08:22	465	07:52	387	07:22	346	07:07	324
09:52	583	09:22	567	08:37	510	08:07	430	07:37	392	07:22	373
10:07	611	09:37	602	08:52	551	08:22	472	07:52	437	07:37	423
10:22	636	09:52	634	09:07	590	08:37	512	08:07	480	07:52	471
10:37	657	10:07	663	09:22	626	08:52	550	08:22	523	08:07	519
10:52	674	10:22	688	09:37	659	09:07	585	08:37	563	08:22	564
11:07	689	10:37	709	09:52	689	09:22	618	08:52	601	08:37	608
11:22	699	10:52	728	10:07	715	09:37	648	09:07	636	08:52	650
11:37	706	11:07	742	10:22	738	09:52	675	09:22	669	09:07	689
11:52	710	11:22	753	10:37	758	10:07	700	09:37	700	09:22	726
12:07	710	11:37	760	10:52	775	10:22	721	09:52	727	09:37	759
12:22	706	11:52	764	11:07	788	10:37	739	10:07	752	09:52	790
12:37	699	12:07	764	11:22	798	10:52	755	10:22	774	10:07	818
12:52	689	12:22	760	11:37	805	11:07	767	10:37	793	10:22	842
13:07	674	12:37	753	11:52	808	11:22	776	10:52	808	10:37	863
13:22	657	12:52	742	12:07	808	11:37	783	11:07	821	10:52	881
13:37	636	13:07	728	12:22	805	11:52	786	11:22	830	11:07	895
13:52	611	13:22	709	12:37	798	12:07	786	11:37	837	11:22	906
14:07	583	13:37	688	12:52	788	12:22	783	11:52	840	11:37	913
14:22	551	13:52	663	13:07	775	12:37	776	12:07	840	11:52	916
14:37	517	14:07	634	13:22	758	12:52	767	12:22	837	12:07	916
14:52	479	14:22	602	13:37	738	13:07	755	12:37	830	12:22	913
15:07	437	14:37	567	13:52	715	13:22	739	12:52	821	12:37	906
15:22	393	14:52	528	14:07	689	13:37	721	13:07	808	12:52	895
15:37	345	15:07	487	14:22	659	13:52	700	13:22	793	13:07	881
15:52	294	15:22	443	14:37	626	14:07	675	13:37	774	13:22	863
16:07	239	15:37	396	14:52	590	14:22	648	13:52	752	13:37	842
16:22	34	15:52	346	15:07	551	14:37	618	14:07	727	13:52	818
16:37	25	16:07	295	15:22	510	14:52	585	14:22	700	14:07	790



16:22	241	15:37	465	15:07	550	14:37	669	14:22	759
16:37	186	15:52	419	15:22	512	14:52	636	14:37	726
16:52	125	16:07	370	15:37	472	15:07	601	14:52	689
17:07	24	16:22	319	15:52	430	15:22	563	15:07	650
		16:37	268	16:07	387	15:37	523	15:22	608
		16:52	215	16:22	342	15:52	480	15:37	564
		17:07	164	16:37	296	16:07	437	15:52	519
		17:22	114	16:52	250	16:22	392	16:07	471
		17:37	62	17:07	204	16:37	346	16:22	423
		17:52	22	17:22	159	16:52	299	16:37	373
				17:37	116	17:07	253	16:52	324
				17:52	78	17:22	207	17:07	275
				18:07	41	17:37	163	17:22	226
				18:22	28	17:52	122	17:37	180
						18:07	84	17:52	136
						18:22	60	18:07	96
						18:37	44	18:22	62
						18:52	27	18:37	52
								18:52	38
								19:07	24

Tabla 3.1.a
Irradiación a 34°

JULIO		AGOSTO		SEPT		OCT		NOV		DIC	
Time	G	Time	G	Time	G	Time	G	Time	G	Time	G
05:07	30	05:37	34	06:07	34	06:52	97	07:22	119	07:37	139
05:22	43	05:52	53	06:22	67	07:07	155	07:37	184	07:52	209
05:37	51	06:07	87	06:37	105	07:22	208	07:52	240	08:07	262
05:52	84	06:22	127	06:52	148	07:37	261	08:07	294	08:22	311
06:07	125	06:37	173	07:07	195	07:52	314	08:22	345	08:37	357
06:22	169	06:52	222	07:22	243	08:07	365	08:37	393	08:52	399
06:37	217	07:07	273	07:37	291	08:22	414	08:52	438	09:07	439
06:52	268	07:22	325	07:52	340	08:37	460	09:07	480	09:22	475
07:07	319	07:37	377	08:07	388	08:52	505	09:22	519	09:37	508
07:22	371	07:52	429	08:22	435	09:07	546	09:37	555	09:52	537
07:37	423	08:07	480	08:37	479	09:22	584	09:52	588	10:07	564
07:52	475	08:22	530	08:52	522	09:37	620	10:07	617	10:22	587
08:07	525	08:37	577	09:07	563	09:52	652	10:22	642	10:37	607
08:22	574	08:52	623	09:22	600	10:07	680	10:37	664	10:52	623
08:37	620	09:07	666	09:37	635	10:22	706	10:52	683	11:07	636
08:52	665	09:22	706	09:52	667	10:37	727	11:07	698	11:22	646
09:07	707	09:37	743	10:07	695	10:52	746	11:22	709	11:37	653
09:22	746	09:52	777	10:22	720	11:07	760	11:37	716	11:52	656
09:37	782	10:07	807	10:37	742	11:22	771	11:52	720	12:07	656
09:52	815	10:22	834	10:52	760	11:37	778	12:07	720	12:22	653



10:07	844	10:37	857	11:07	775	11:52	782	12:22	716	12:37	646
10:22	871	10:52	877	11:22	786	12:07	782	12:37	709	12:52	636
10:37	893	11:07	893	11:37	793	12:22	778	12:52	698	13:07	623
10:52	912	11:22	904	11:52	797	12:37	771	13:07	683	13:22	607
11:07	928	11:37	912	12:07	797	12:52	760	13:22	664	13:37	587
11:22	939	11:52	916	12:22	793	13:07	746	13:37	642	13:52	564
11:37	947	12:07	916	12:37	786	13:22	727	13:52	617	14:07	537
11:52	951	12:22	912	12:52	775	13:37	706	14:07	588	14:22	508
12:07	951	12:37	904	13:07	760	13:52	680	14:22	555	14:37	475
12:22	947	12:52	893	13:22	742	14:07	652	14:37	519	14:52	439
12:37	939	13:07	877	13:37	720	14:22	620	14:52	480	15:07	399
12:52	928	13:22	857	13:52	695	14:37	584	15:07	438	15:22	357
13:07	912	13:37	834	14:07	667	14:52	546	15:22	393	15:37	311
13:22	893	13:52	807	14:22	635	15:07	505	15:37	345	15:52	262
13:37	871	14:07	777	14:37	600	15:22	460	15:52	294	16:07	209
13:52	844	14:22	743	14:52	563	15:37	414	16:07	240	16:22	28
14:07	815	14:37	706	15:07	522	15:52	365	16:22	184	16:37	19
14:22	782	14:52	666	15:22	479	16:07	314	16:37	28		
14:37	746	15:07	623	15:37	435	16:22	261	16:52	18		
14:52	707	15:22	577	15:52	388	16:37	208				
15:07	665	15:37	530	16:07	340	16:52	155				
15:22	620	15:52	480	16:22	291	17:07	97				
15:37	574	16:07	429	16:37	243	17:22	24				
15:52	525	16:22	377	16:52	195						
16:07	475	16:37	325	17:07	148						
16:22	423	16:52	273	17:22	105						
16:37	371	17:07	222	17:37	67						
16:52	319	17:22	173	17:52	34						
17:07	268	17:37	127	18:07	14						
17:22	217	17:52	87								
17:37	169	18:07	53								
17:52	125	18:22	34								
18:07	84	18:37	18								
18:22	51										
18:37	43										
18:52	30										
19:07	16										

Tabla 3.1.b
Irradiación a 34°



3.2. DATOS DE GENERACIÓN:

A partir de los datos de irradiación y de la curva característica de panel del catalogo de (ATERSA, 2014) se han obtenido los datos de generación por mes. Asumiendo un PR = 0'789.

9hs	G (W/m2)	I x V	I (A)	V (V)	10hs	G (W/m2)	I x V	I (A)	V (V)
07:30	263	70	2	35	07:00	211,75	64,8	1,8	36
08:30	456,5	138,75	3,75	37	08:00	418	129,5	3,5	37
09:30	595,25	180	5	36	09:00	582,75	172,8	4,8	36
10:30	679,75	196	5,6	35	10:00	754,75	212,4	5,9	36
11:30	708	203	5,8	35	11:00	754,75	212,4	5,9	36
12:30	679,75	196	5,6	35	12:00	754,75	212,4	5,9	36
13:30	595,25	180	5	36	13:00	697	192,5	5,5	35
14:30	456,5	138,75	3,75	37	14:00	582,75	173,9	4,7	37
15:30	228	70	2	35	15:00	418	126	3,6	35
16:30	25	7,5	0,3	25	16:00	211,75	63	1,8	35
G Total		4687 W/m2-día		ENERO	G Total		5410,25 W/m2-día		FEBRERO
		145297 W/m2-mes			G Total		151487 W/m2-mes		
E Total		1380 Wh/día			E Total		48350,7 Wh/día		
		42780 Wh/mes 1panel					1559,7 Wh/mes 1panel		
TOTA L		1240106640 Wh/mes		TOTAL		1402170300 Wh/mes		28.880 paneles	
11hs	G (W/m2)	I x V	I (A)	V (V)	12hs	G (W/m2)	I x V	I (A)	V (V)
06:20	138,75	64,8	1,8	36	05:50	98,5	28,8	0,9	32
07:20	344	92,5	2,5	37	06:50	273	73,5	2,1	35
08:20	529	162	4,5	36	07:50	450,25	151,2	4,2	36
09:20	672,25	216	6	36	08:50	600,25	185	5	37
10:20	764,75	223,2	6,2	36	09:50	708,75	208,8	5,8	36
11:20	804,75	237,6	6,6	36	10:50	770,25	216	6	36
12:20	791,5	220,5	6,3	35	11:50	782,75	226,8	6,3	36
13:20	725	229,4	6,2	37	12:50	745,5	229,4	6,2	37
14:20	606,5	175	5	35	13:50	660,25	199,5	5,7	35
15:20	441	136,5	3,9	35	14:50	529,75	147	4,2	35
16:20	241,5	70	2	35	15:50	363,75	84	2,4	35
17:20	66	10	0,3	35	16:50	182,25	49	1,4	35
G Total		6125 W/m2-día		MARZO	G Total		6214,25 W/m2-día		ABRIL
		189875 W/m2-mes			G Total		186427,5 W/m2-mes		
E Total		1837,5 Wh/día			E Total		1799 Wh/día		
		56742,5 Wh/mes 1panel					55769 Wh/mes 1panel		
TOTA L		1642922500 Wh/mes		TOTAL		1617301000 Wh/mes		28.880 paneles	

Proyecto de Instalación Fotovoltaica

Universidad Politécnica de Valencia



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

13hs	G (W/m2)	I x V	I (A)	V (V)	14hs	G (W/m2)	I x V	I (A)	V (V)
05:20	77,5	22,4	0,7	32	05:00	62	6,4	0,2	32
06:20	230,5	70	2	35	06:00	204,25	63	1,8	35
07:20	413,75	126	3,5	36	07:00	397,75	111,6	3,1	36
08:20	580,75	173,9	4,7	37	08:00	585,25	177,6	4,8	37
09:20	712	216	6	36	09:00	741	216	6	36
10:20	799	244,8	6,8	36	10:00	851	252	7	36
11:20	836,75	259	7	37	11:00	907,5	277,5	7,5	37
12:20	824	252	7	36	12:00	907,5	270	7,5	36
13:20	761,5	227,5	6,5	35	13:00	851	245	7	35
14:20	651,5	199,5	5,7	35	14:00	741	210	6	35
15:20	500,75	154	4,4	35	15:00	585,25	168	4,8	35
16:20	322,5	94,5	2,7	35	16:00	397,75	108,5	3,1	35
17:20	144	34	1	34	17:00	204,25	61,2	1,8	34
18:20	43,7	0	0	0	18:00	70,0	6,4	0,2	32
					19:00	24	0	0	0
G		6898,2 W/m2-día		MAYO	G		7529,5 W/m2-día		JUNIO
Total		213843,2 W/m2-mes			Total		225885 W/m2-mes		
E		2073,6 Wh/día			E		2166,8 Wh/día		
Total		64281,6 Wh/mes 1panel			Total		67170,8 Wh/mes 1panel		
TOTA		L 1864166400 Wh/mes				28.880p paneles			
					TOTAL 1947953200 Wh/mes 28.880p aneles				
14hs	G (W/m2)	I x V	I (A)	V (V)	13hs	G (W/m2)	I x V	I (A)	V (V)
05:00	52	6,4	0,2	32	05:00	75,25	6,4	0,2	32
06:00	194,75	63	1,8	35	06:00	248,25	70	2	35
07:00	397	111,6	3,1	36	07:00	454	136,8	3,8	36
08:00	596	181,3	4,9	37	08:00	643	210,9	5,7	37
09:00	762,5	216	6	36	09:00	790,25	241,2	6,7	36
10:00	880	266,4	7,4	36	10:00	882,75	266,4	7,4	36
11:00	941,25	292,3	7,9	37	11:00	914	292,3	7,9	37
12:00	941,25	284,4	7,9	36	12:00	882,75	266,4	7,4	36
13:00	880	259	7,4	35	13:00	790,25	234,5	6,7	35
14:00	762,5	210	6	35	14:00	643	199,5	5,7	35
15:00	596	171,5	4,9	35	15:00	454	133	3,8	35
16:00	397	108,5	3,1	35	16:00	248,25	70	2	35
17:00	194,75	61,2	1,8	34	17:00	75,25	6,8	0,2	34
18:00	59,3	6,4	0,2	32	18:00	18,0	0	0	32
19:00	16	0	0	0					
G		7670,33 W/m2-día		JULIO	G		7119 W/m2-día		AGOSTO
Total		237780,33 W/m2-mes			Total		220689 W/m2-mes		
E		2231,60 Wh/día			E Total		2134,2 Wh/día		
Total		69179,60 Wh/mes 1panel			Total		66160,2 Wh/mes 1panel		
					TOTAL 1918645800 Wh/mes 28.880p				



					aneles				
TOTA									
L	2006208400	Wh/mes	28.880	paneles					
12hs	G (W/m2)	I x V	I (A)	V (V)	10hs	G (W/m2)	I x V	I (A)	V (V)
06:00	88,5	22,4	0,7	32	06:50	180,25	54	1,5	36
07:00	267,25	70	2	35	07:50	388,25	107,3	2,9	37
08:00	456	140,4	3,9	36	08:50	563,75	162	4,5	36
09:00	616,25	188,7	5,1	37	09:50	778,25	237,6	6,6	36
10:00	729,25	212,4	5,9	36	10:50	763,75	234	6,5	36
11:00	787,75	216	6	36	11:50	778,25	237,6	6,6	36
12:00	787,75	216	6	36	12:50	734,75	220,5	6,3	35
13:00	729,25	223,2	6,2	36	13:50	634	203,5	5,5	37
14:00	616,25	206,5	5,9	35	14:50	481,25	140	4	35
15:00	456	188,7	5,1	37	15:50	287	80,5	2,3	35
16:00	267,25	136,5	3,9	35	16:50	92	25,6	0,8	32
17:00	88,5	70	2	35	G				
18:00	14	0	0	0	Total	5681,5	W/m2-día		
G					Total				
Total	5904	W/m2-día			E Total	1702,6	Wh/día		
	177120	W/m2-mes				52780,6	Wh/mes	1panel	
E					TOTAL				
Total	1890,8	Wh/día			1530637400	Wh/mes	28.880p	aneles	
	58614,8	Wh/mes	1panel						
TOTA									
L	1699829200	Wh/mes	28.880	paneles					
9hs	G (W/m2)	I x V	I (A)	V (V)	9hs	G (W/m2)	I x V	I (A)	V (V)
07:20	209,25	52,5	1,5	35	07:30	230,25	66,5	1,9	35
08:20	414	118,4	3,2	37	08:30	417,5	129,5	3,5	37
09:20	569,75	162	4,5	36	09:30	549	162	4,5	36
10:20	671,75	196	5,6	35	10:30	628	178,5	5,1	35
11:20	716,25	210	6	35	11:30	654,5	189	5,4	35
12:20	701,5	206,5	5,9	35	12:30	628	178,5	5,1	35
13:20	627,75	194,4	5,4	36	13:30	549	162	4,5	36
14:20	498	148	4	37	14:30	417,5	129,5	3,5	37
15:20	318	80,5	2,3	35	15:30	202,5	66,5	1,9	35
16:20	76,7	7,5	0,3	25	16:30	19	0	0	0
G					G				
Total	4802,92	W/m2-día			Total	4295,25	W/m2-día		
	144087,50	W/m2-mes				133152,75	W/m2-mes		
E					E				
Total	1375,80	Wh/día			Total	1262	Wh/día		
	42649,80	Wh/mes	1panel			39122	Wh/mes	1panel	
TOTA									
L	1236844200	Wh/mes	28.880	paneles	TOTAL	1134538000	Wh/mes	28.880p	aneles

Tabla 3.2
Estimación de la generación por mes.

3.3. DATOS DE ENERGÍA:

De la base de datos de las curvas de oferta/demanda de (OMIE, 2015) se han obtenido los valores a los cual se vendía la energía generada durante el año 2015. Debido a las fluctuaciones del mercado que cambian al día, se ha optado por realizar una medición de 3 días de cada semana y a partir de estos datos realizar una cuantificación de beneficio cada mes.

ENERO				FEBRERO				MARZO			
DÍA	€/MWh	€·día/MWh	€	DÍA	€/MWh	€·día/MWh	€	DÍA	€/MWh	€·día/MWh	€
1	50,1	100,2	€ 4.010,00	3	32	64	€ 2.894,80	3	53,1	106,2	€ 5.628,33
3	52,1	156,3	€ 6.255,13	5	28,7	57,4	€ 2.596,28	5	16	32	€ 1.695,92
6	58,5	117	€ 4.682,34	7	53,6	160,8	€ 7.273,19	7	47,1	141,3	€ 7.488,55
8	61,5	123	€ 4.922,46	10	52	104	€ 4.704,06	10	47,9	95,8	€ 5.077,16
10	45,2	135,6	€ 5.426,71	12	64,1	128,2	€ 5.798,65	12	47,9	95,8	€ 5.077,16
13	48	96	€ 3.841,92	14	41,7	125,1	€ 5.658,44	14	44,2	132,6	€ 7.027,47
15	38,4	76,8	€ 3.073,54	17	39,1	78,2	€ 3.537,09	17	48,3	96,6	€ 5.119,56
17	36,5	109,5	€ 4.382,19	19	47,5	95	€ 4.296,97	19	36,2	72,4	€ 3.837,02
20	46,6	93,2	€ 3.729,86	21	50	150	€ 6.784,70	21	45,6	136,8	€ 7.250,06
22	39,9	79,8	€ 3.193,60	24	12,4	24,8	€ 1.121,74	24	33	66	€ 3.497,84
24	44	132	€ 5.282,64	26	35,1	70,2	€ 3.175,24	26	41,4	82,8	€ 4.388,19
27	53	106	€ 4.242,12	28	34,8	104,4	€ 4.722,15	28	49,1	147,3	€ 7.806,53
29	45,2	90,4	€ 3.617,81					31	40	80	€ 4.239,80
31	7	21	€ 840,42								
TOTAL			€ 57.500,74	TOTAL			€ 52.563,29	TOTAL			€ 68.133,59
ABRIL				MAYO				JUNIO			
DÍA	€/MWh	€·día/MWh	€	DÍA	€/MWh	€·día/MWh	€	DÍA	€/MWh	€·día/MWh	€
2	31,5	63	€ 3.286,77	2	50,9	152,7	€ 9.182,52	2	52,9	105,8	€ 6.648,18
4	39,6	118,8	€ 6.197,91	5	24	48	€ 2.886,45	4	56,7	113,4	€ 7.125,74
7	41,1	82,2	€ 4.288,46	7	56	112	€ 6.735,05	6	50,8	152,4	€ 9.576,39
9	49,5	99	€ 5.164,93	9	56,5	169,5	€ 10.192,78	9	54,5	109	€ 6.849,25
11	47,6	142,8	€ 7.450,02	12	52	104	€ 6.253,98	11	62,5	125	€ 7.854,65
14	40,1	80,2	€ 4.184,11	14	55,2	110,4	€ 6.638,84	13	60,2	180,6	€ 11.348,40
16	55,5	111	€ 5.790,98	16	39,5	118,5	€ 7.125,93	16	52,3	104,6	€ 6.572,77
18	56,2	168,6	€ 8.796,03	19	41,9	83,8	€ 5.039,26	18	38,4	76,8	€ 4.825,90
21	42,9	85,8	€ 4.476,27	21	43,2	86,4	€ 5.195,61	20	46	138	€ 8.671,53
23	59,8	119,6	€ 6.239,65	23	38,4	115,2	€ 6.927,48	23	62,2	124,4	€ 7.816,95
25	56	168	€ 8.764,73	26	50	100	€ 6.013,44	25	59,7	119,4	€ 7.502,76
28	51,8	103,6	€ 5.404,92	28	50,8	101,6	€ 6.109,66	27	52,6	157,8	€ 9.915,71
30	57,8	115,6	€ 6.030,97	30	54	162	€ 9.741,77	30	59,7	119,4	€ 7.502,76
TOTAL			€ 76.075,75	TOTAL			€ 88.042,78	TOTAL			€ 102.210,99
JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE			
DÍA	€/MWh	€·día/MWh	€	DÍA	€/MWh	€·día/MWh	€	DÍA	€/MWh	€·día/MWh	€
2	60,1	120,2	€ 7.778,91	1	49	147	€ 9.098,09	1	62	124	€ 6.799,32
4	59,6	178,8	€ 11.571,29	4	62,4	124,8	€ 7.724,10	3	49,9	99,8	€ 5.472,35
7	62,7	125,4	€ 8.115,44	6	62,4	124,8	€ 7.724,10	5	51	153	€ 8.389,48

9	49,9	99,8	€ 6.458,70	8	52	156	€ 9.655,12	8	59,3	118,6	€ 6.503,22
11	60,2	180,6	€ 11.687,78	11	63,2	126,4	€ 7.823,12	10	59,9	119,8	€ 6.569,02
14	61,1	122,2	€ 7.908,34	13	57,6	115,2	€ 7.129,94	12	49,7	149,1	€ 8.175,63
16	63,7	127,4	€ 8.244,87	15	51,1	153,3	€ 9.488,01	15	52,6	105,2	€ 5.768,45
18	70	210	€ 13.590,44	18	49,5	99	€ 6.127,29	17	37	74	€ 4.057,66
21	65,7	131,4	€ 8.503,73	20	49	98	€ 6.065,40	19	45,8	137,4	€ 7.534,08
23	61,2	122,4	€ 7.921,29	22	64,9	194,7	€ 12.050,33	22	50,2	100,4	€ 5.505,25
25	47,8	143,4	€ 9.280,33	25	63,1	126,2	€ 7.810,75	24	48,5	97	€ 5.318,82
28	63,4	126,8	€ 8.206,04	27	56,1	112,2	€ 6.944,26	26	52,1	156,3	€ 8.570,43
30	49,1	98,2	€ 6.355,15	29	56,1	168,3	€ 10.416,39	29	52,1	104,2	€ 5.713,62
TOTAL € 115.622,32				TOTAL € 108.056,89				TOTAL € 84.377,33			
OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
DÍA	€/MWh	€·día/MWh	€	DÍA	€/MWh	€·día/MWh	€	DÍA	€/MWh	€·día/MWh	€
1	56,6	113,2	€ 5.589,30	3	40	80	€ 3.191,86	1	66,1	132,2	€ 4.838,26
3	51,3	153,9	€ 7.598,87	5	46,9	93,8	€ 3.742,45	3	63,4	126,8	€ 4.640,63
6	33,1	66,2	€ 3.268,65	7	55,6	166,8	€ 6.655,02	5	65,7	197,1	€ 7.213,47
8	54	108	€ 5.332,54	10	58,5	117	€ 4.668,09	8	39,8	79,6	€ 2.913,20
10	54	162	€ 7.998,81	12	59	118	€ 4.707,99	10	67,3	134,6	€ 4.926,09
13	40	80	€ 3.950,03	14	45	135	€ 5.386,26	12	64,1	192,3	€ 7.037,80
15	51	102	€ 5.036,29	17	56	112	€ 4.468,60	15	42,1	84,2	€ 3.081,55
17	58	174	€ 8.591,32	19	58,6	117,2	€ 4.676,07	17	47	94	€ 3.440,21
20	44	88	€ 4.345,04	21	28,2	84,6	€ 3.375,39	19	47	141	€ 5.160,32
22	43	86	€ 4.246,28	24	54	108	€ 4.309,01	22	55,7	111,4	€ 4.077,02
24	49,8	149,4	€ 7.376,68	26	41	82	€ 3.271,65	24	46,4	92,8	€ 3.396,29
27	41,6	83,2	€ 4.108,03	28	45,1	135,3	€ 5.398,23	26	47	141	€ 5.160,32
29	39,4	78,8	€ 3.890,78					29	46	92	€ 3.367,02
31	36,1	108,3	€ 5.347,36					31	42,1	84,2	€ 3.081,55
TOTAL € 76.680,00				TOTAL € 53.850,60				TOTAL € 62.333,71			

Tabla 3.3
Calculo de beneficio por mes

TOTAL: **945.447,98** € al año

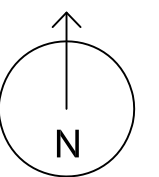
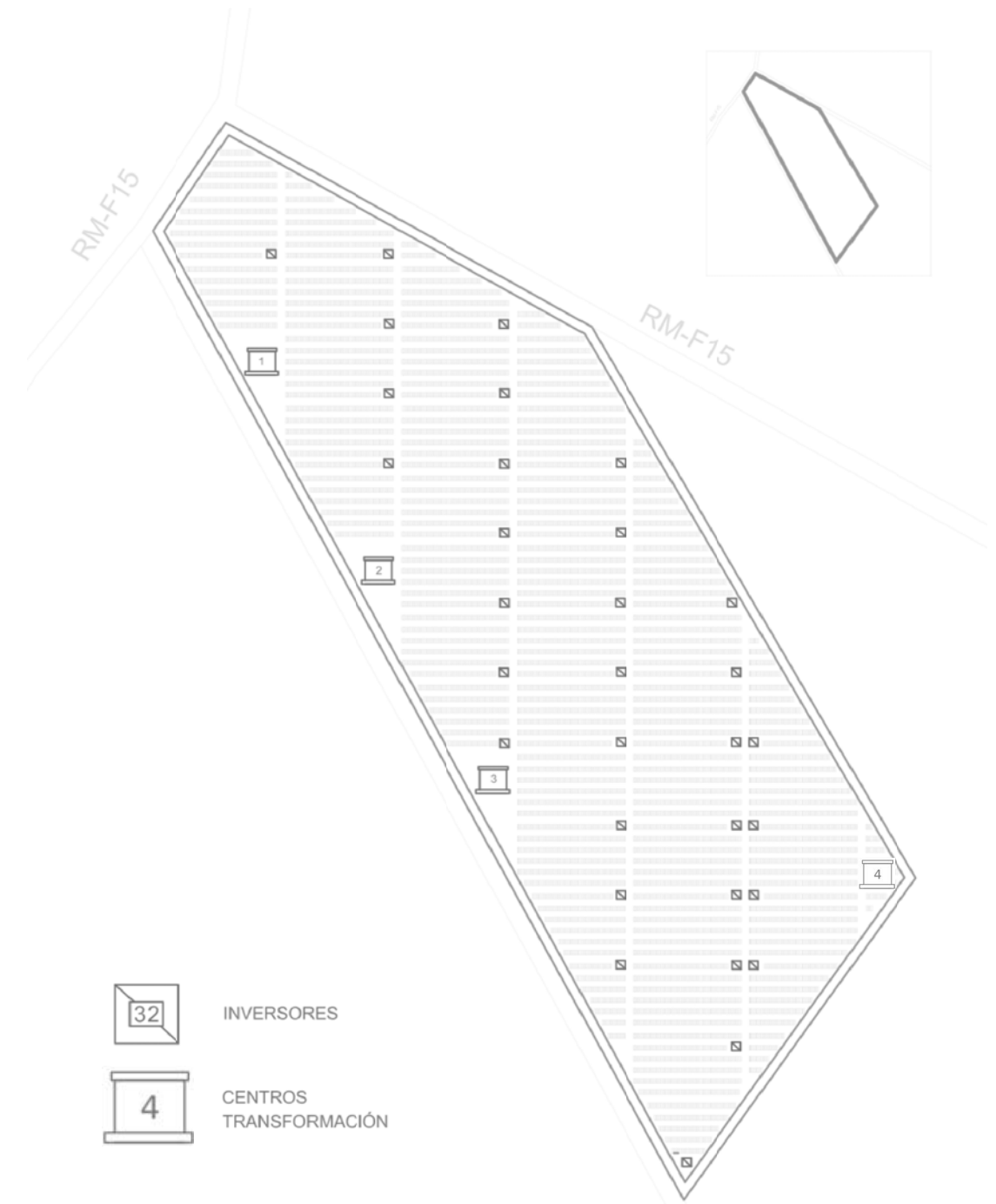


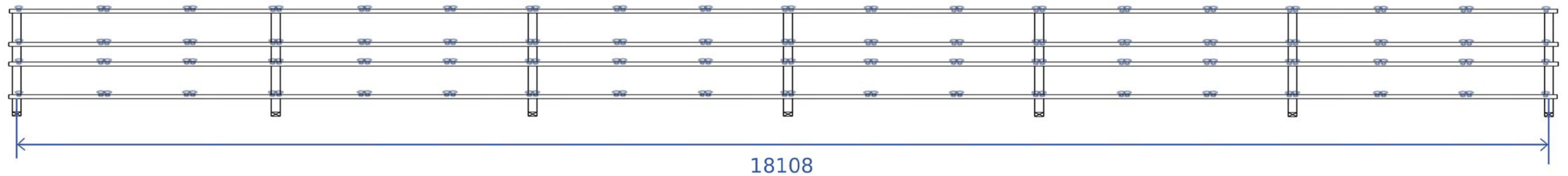
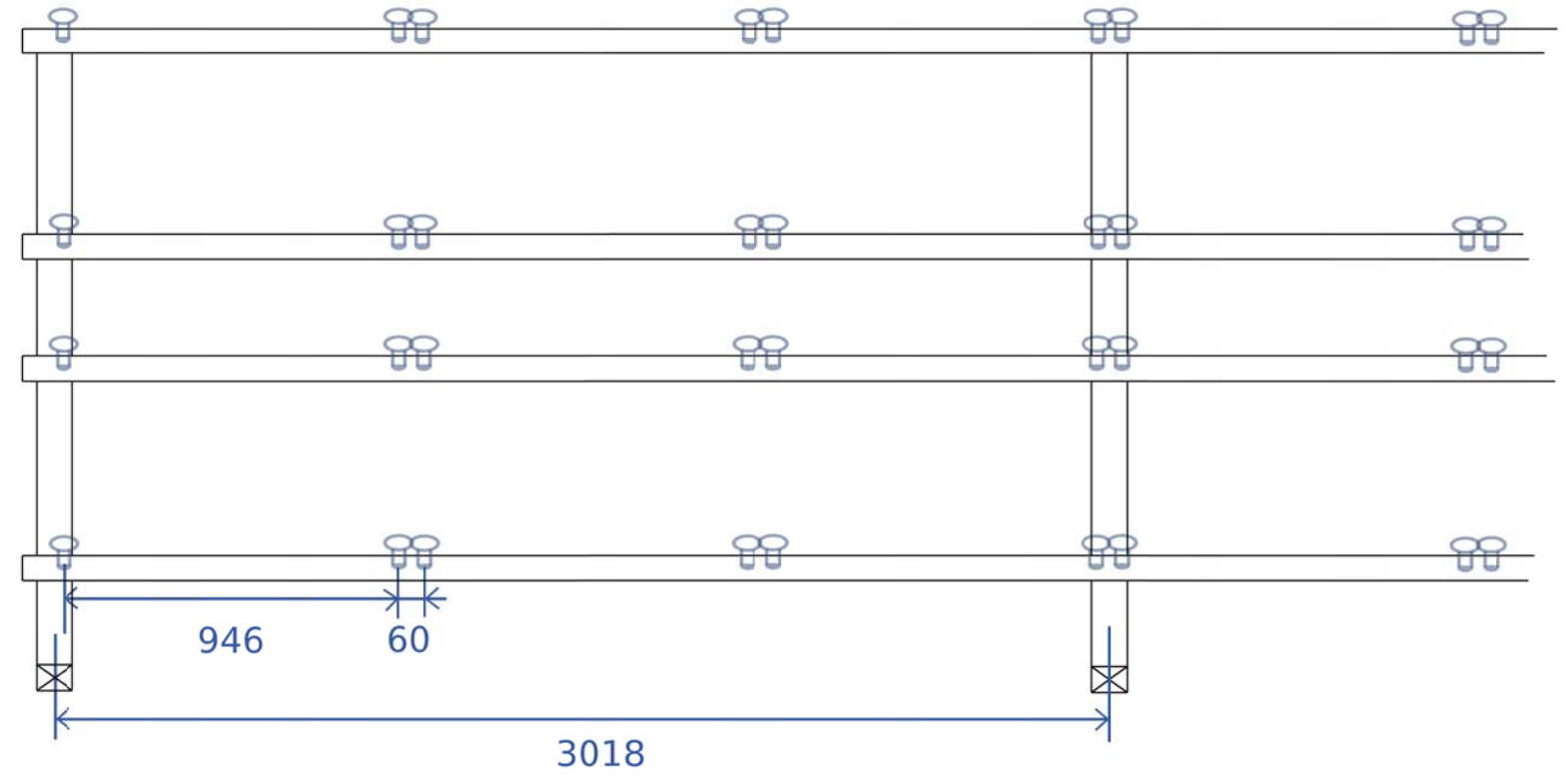
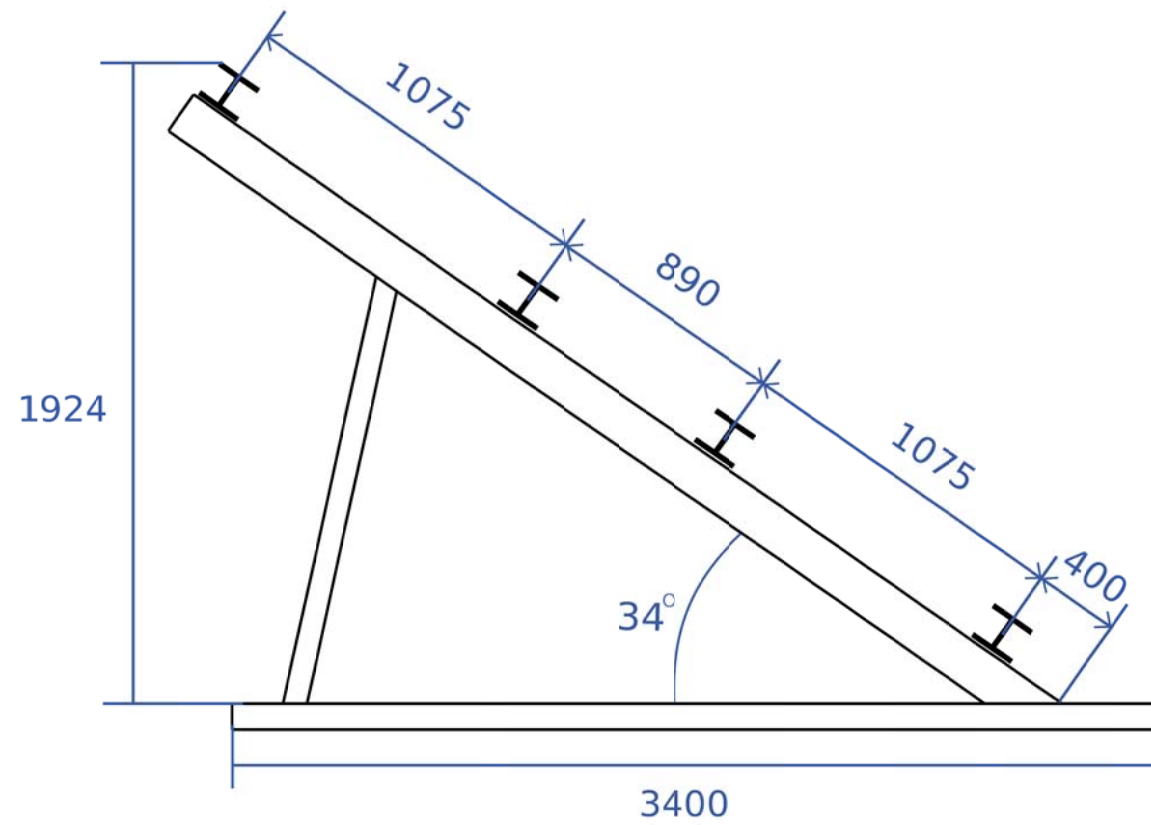
PLANOS

1.1. PLANO DE PARCELA

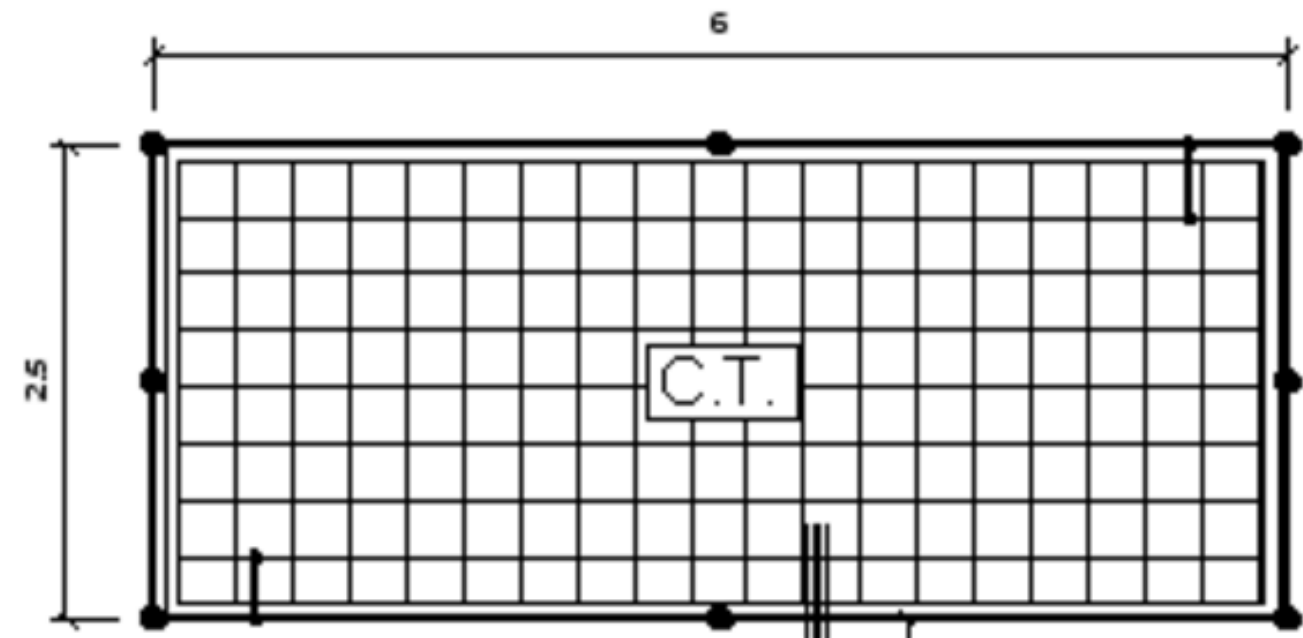
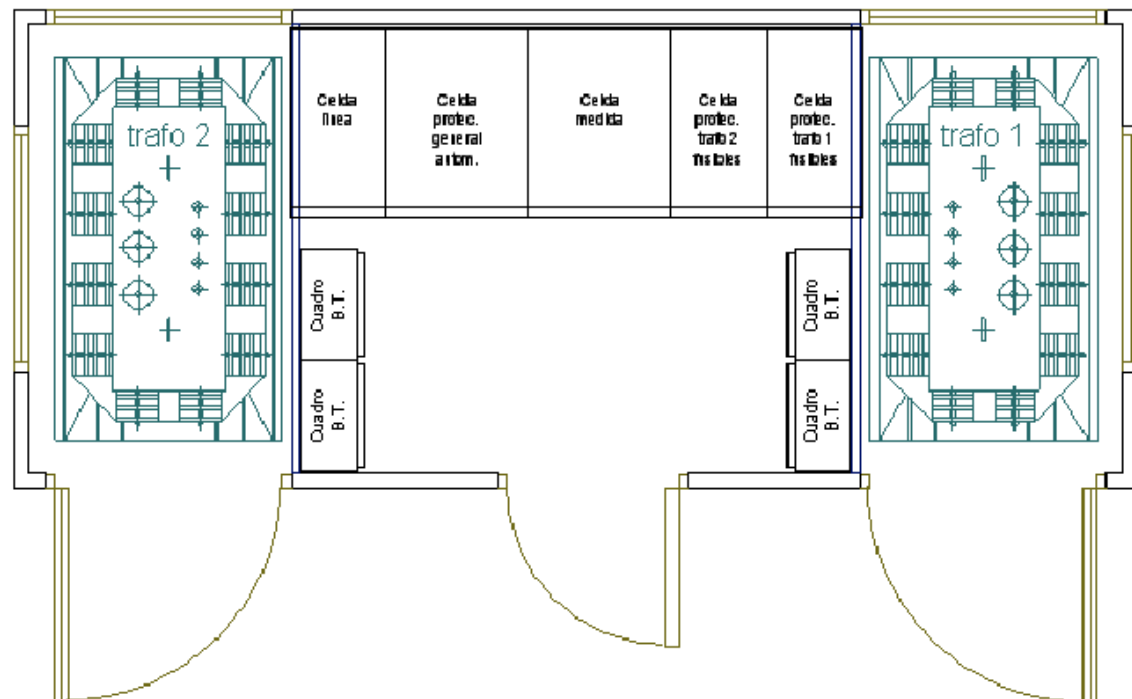
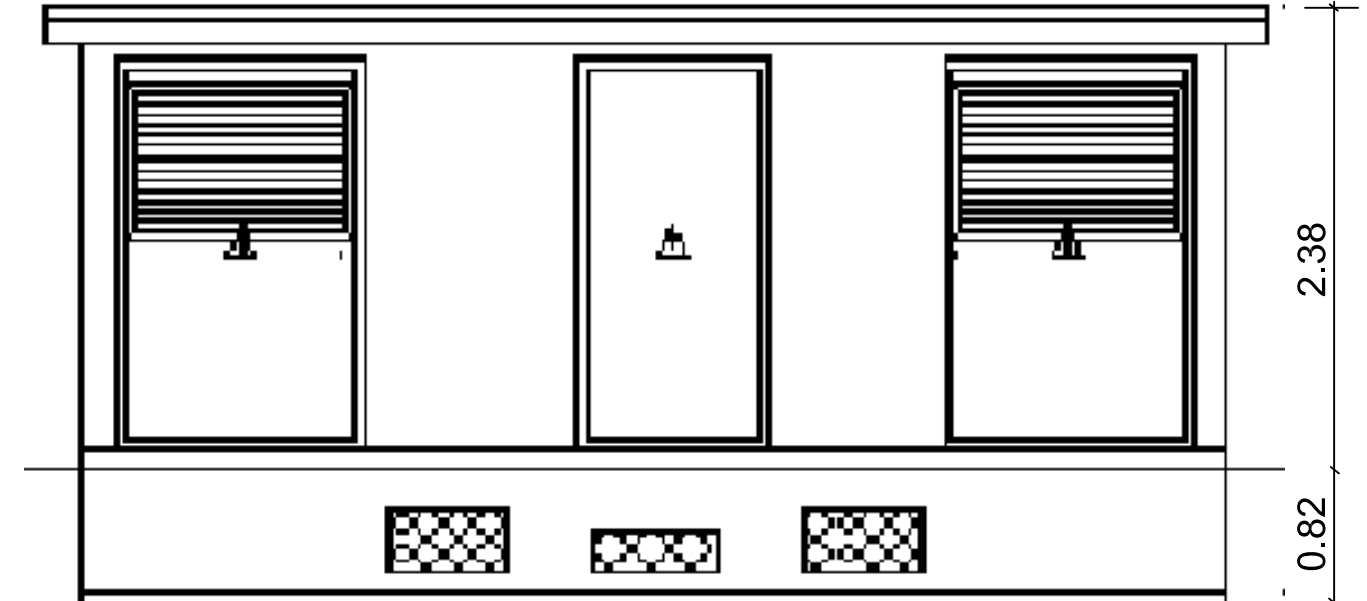
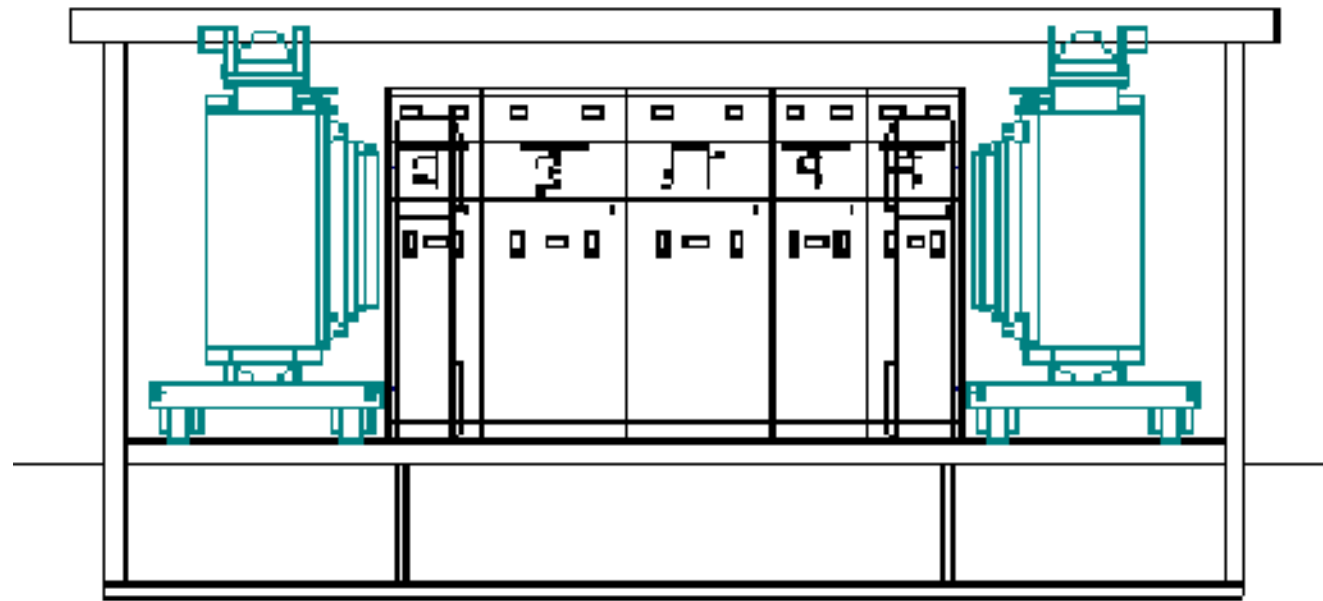


1.2. PLANO DE DISTRIBUCIÓN DE LOS PANELES





Estructura para [2x18]paneles
(mm)



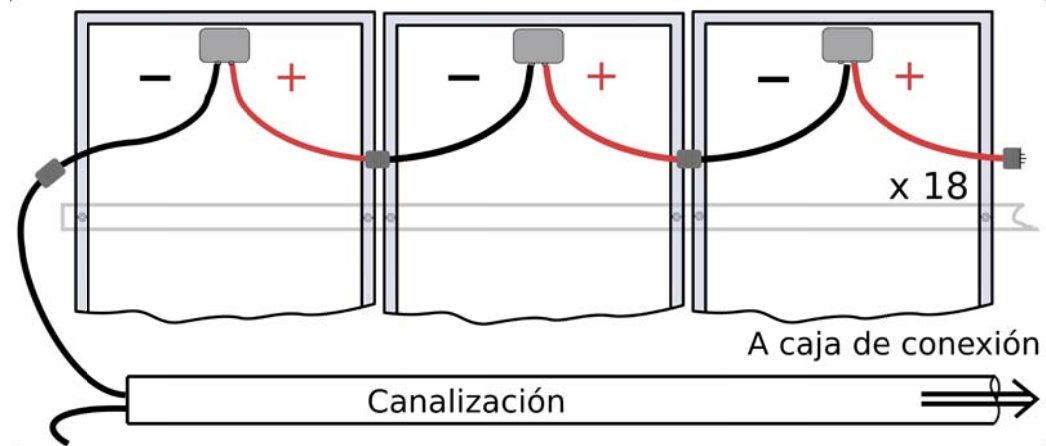


Figura 2.1
Conexión entre paneles

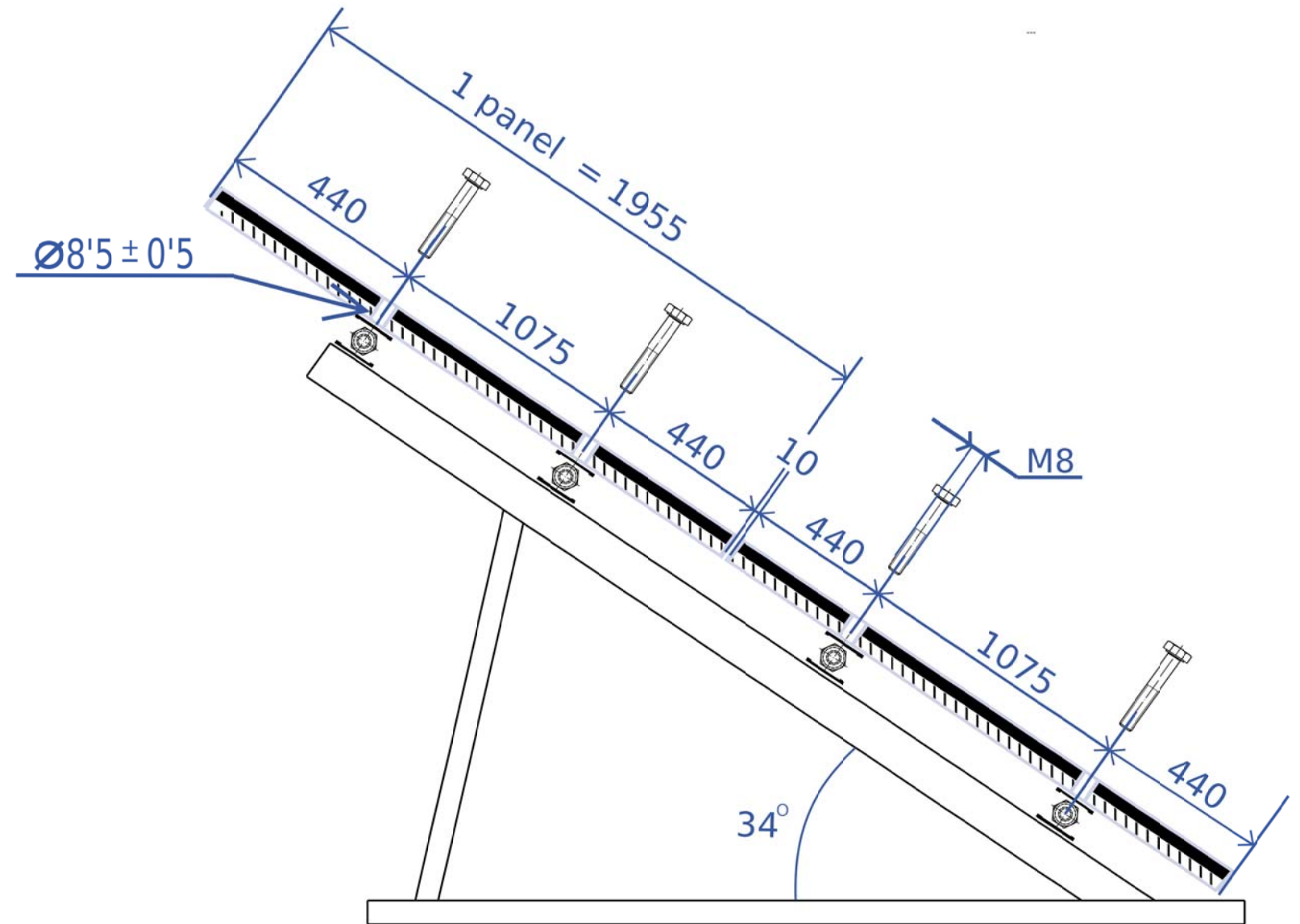


Figura 2.2
Unión panel-estructura (mm)

En el montaje de los paneles deberá coincidir la guía de la estructura coincida con las perforaciones para la tornillería.

El enganche se realizará mediante tornillo y rosca de métrica 8.

La distribución óptima de los paneles es rodeando el inversor, así la distancia de los cables no supera los 100m, para los cuales están diseñados.

900 paneles - 1 inversor

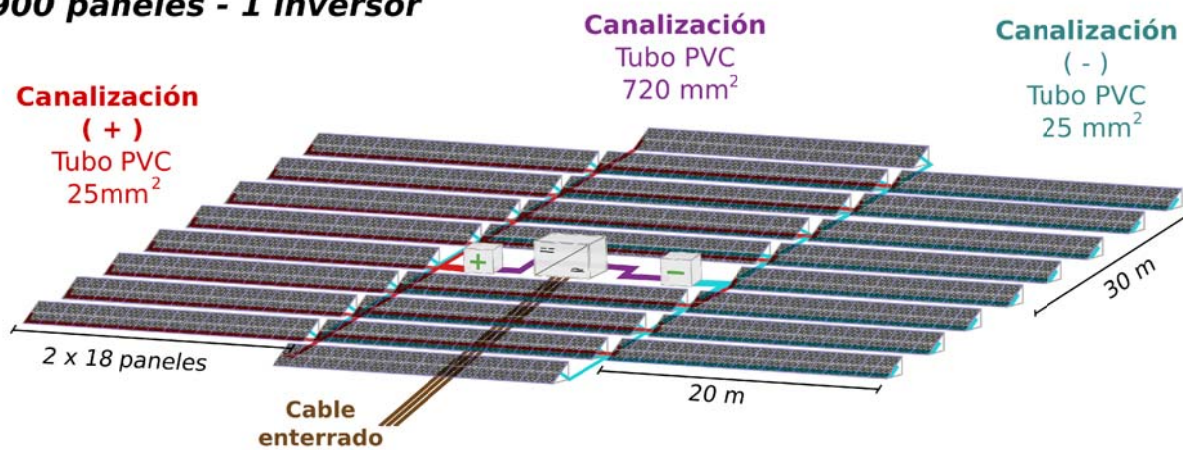


Figura 2.3
Conexión paneles con inversor.

1 string: 18 Paneles
GSE Optimum 310W

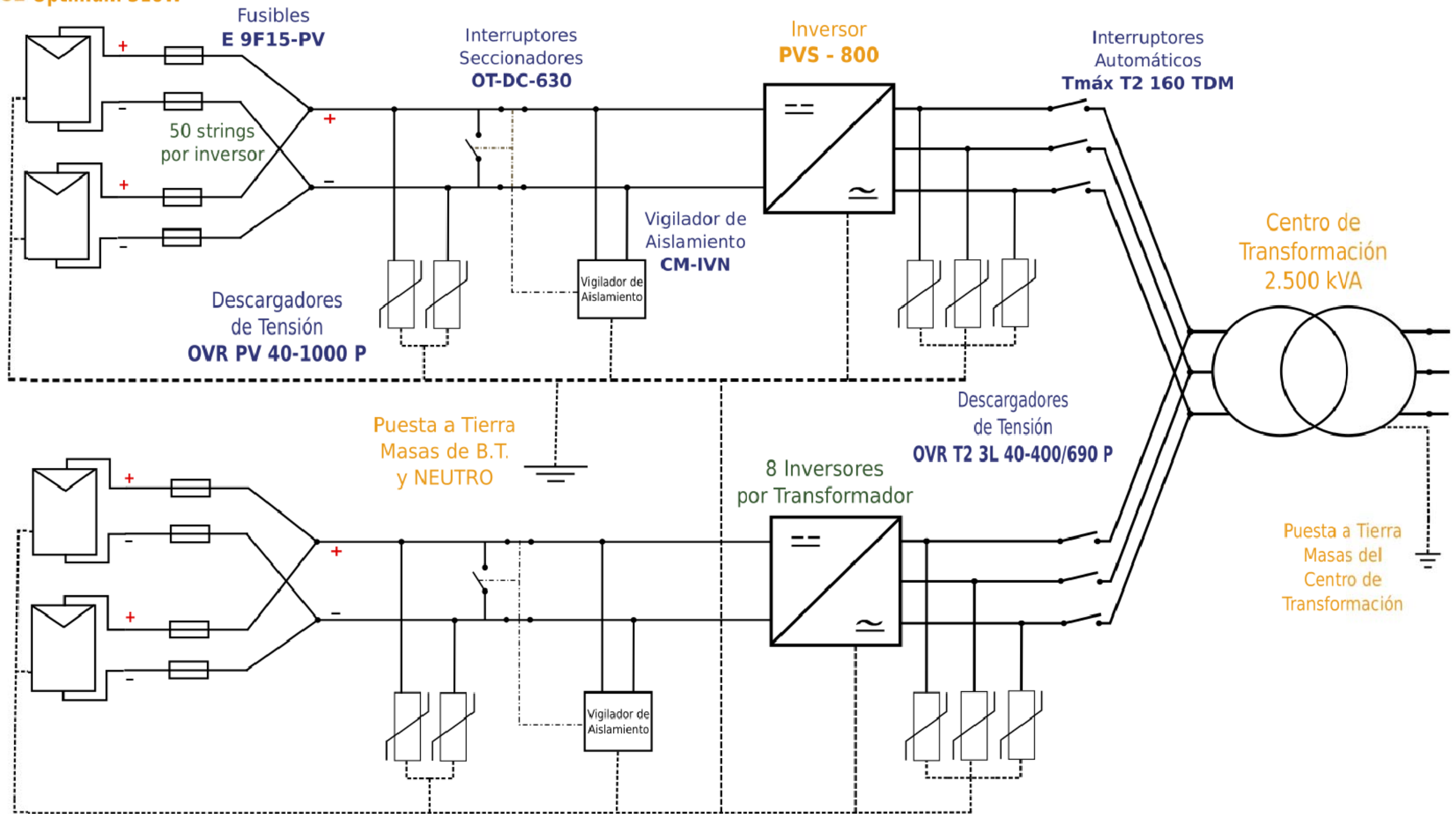


Figura 2.4
Conexión de protecciones

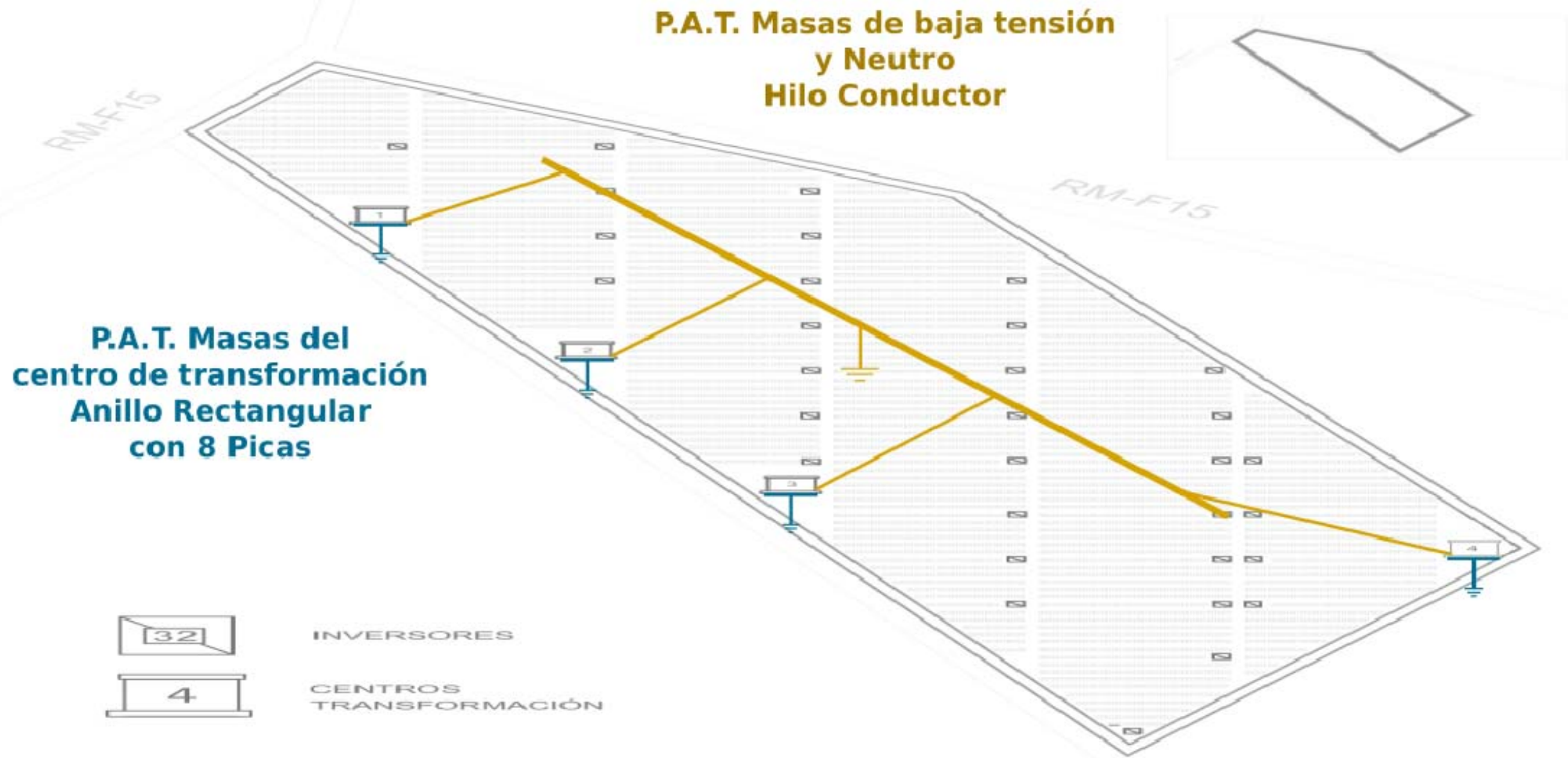


Figura 2.5
Esquema de las puestas a tierra.



PRESUPUESTO



PRESUPUESTO GENERAL				
Concepto	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
· <u>Paneles:</u>	Panel de ATERSA : GSE Optimum 310W	28.880 ud	378,2 €/ud	€ 10.922.416,00
· <u>Estructura</u>	Estructura de aluminio hecha a medida de 36 paneles: 18 paneles por 2 filas	800 ud	2.256,65 €/ud	€ 1.805.320,00
· <u>Inversor:</u>	Inversor de ABB : PVS - 800	32 ud	40.250,00 €/ud	€ 1.288.000,00
· <u>Cables:</u>	- Cables 4mm ² : P.SUN de PRYSMIAN Longitud: Promedio = 27m + 200m cable protección - Cables 240mm ² : P.SUN de PRYSMIAN Longitud: Máximo/Mínimo = 20m +20m cable protección -Cables 185mm ² : Afumex Plus de PRYSMIAN Longitud: Máx./Mín. = 200m +50m cable protección	3200 ud 27 m/ 86600 m 64 ud 20 m/ 1300 m 512 ud 200 m/ 10245 ud 0 m	1,21 €/m 21 €/m 19 €/m	€ 104.786,00 € 27.300,00 € 1.946.550,00
· <u>Accesorios:</u>	- Conectores TECPLUG de PRYSMIAN - Canalizaciones : 25mm ² -Canalizaciones : 720mm ²	3200 ud 1600 ud 86400 m 64 ud 1280 m	49 €/ud 3,75 €/m 10,15 €/m	€ 156.800,00 € 324.000,00 € 12.992,00
· <u>Protecciones</u>	- Fusible E-98-PV de ABB (10x38mm, 1000V, DC, 8A) - Porta-Fusibles E-90-PV	1600 ud 1600 ud	13,63 €/10 ud 8,55 €/12 ud	€ 2.180,80 € 1.140,00



	- Interruptor de Maniobra/Seccionador OTDC-630 de ABB	96 ud	409,31 €/ud	€ 39.293,76
	- Interruptor automático T _{máx} T2 160	128 ud	348,57 €/ud	€ 44.616,96
	- Vigilador de Aislamiento	32 ud	259,15 €/ud	€ 8.292,80
	- Descargador de Tensión OVR-PV 40-1000P de ABB	64 ud	253,58 €/ud	€ 16.229,12
	- Descargador de Tensión OVR-T2 3I 40-400/690P de ABB	512 ud	214,32 €/ud	€ 109.731,84
	- Contactos Auxiliares	320 ud	55,79 €/ud	€ 17.852,80
· Puesta a Tierra	- Conductores de Protección (máx.: 120mm ²) (Precio tenido en cuenta en los cables.) -Hilo conductor	1 ud 300 m	6 €/m	€ 1.800,00
· Caja de Conexión	- CAJA SUPERF. 72 MOD.PUERTA OPACA	96 ud	217,5 €/ud	€ 20.880,00
· Centro de Transformación	- Centro de transformación prefabricado. 2.500kVA 20/0'4kV Puesta a tierra, celdas, protecciones de celda, conexiones internas incluidas en el Centro de Transformación. Hecho a medida para la instalación.	4 ud	66.745,18 €/ud	€ 266.980,72
IMPORTE MATERIAL ES	- Compra de los materiales			€ 17.117.162,80
		IVA 21%	€ 3.594.604,19	€ 20.711.766,99



CONSTRUCCIÓN Y TRANSPORTE	- Porcentaje aplicado a los materiales, según su horas previstas y cualidades necesarias, además de su transporte			
	· Paneles : 54%	0,54	€ 5.898.104,64	
	· Estructura : 105%	1,05	€ 1.895.586,00	
	· Inversor : 28%	0,28	€ 360.640,00	
	· Cables : 30%	0,3	€ 771.728,40	
	· Protecciones : 33%	0,33	€ 78.981,57	
	· Puestas a Tierra 40%	0,4	€ 720,00	
	· Caja de Conexión 32% · Centro de Transformación 66%	0,32 0,66	€ 6.681,60 € 176.207,28	
		TOTAL CONSTRUCCIÓN Y TRANSPORTE	€ 9.188.649,48	
TOTAL	- Total de la INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA 9MW	CIC 2%	€ 598.008,33	€ 29.900.416,47
		TOTAL	Mater. + Obra	€ 30.498.424,80



PLIEGO

DE

CONDICIONES

PLIEGO DE CONDICIONES

PLIEGO DE CONDICIONES DE LOS EQUIPOS INSTALADOS

Todos los equipos instalados deberán cumplir las normas que les sean correspondientes y seguir los reglamentos que les acaparan.

1.1. PANELES:

- Los paneles dañados deberán ser remplazados por paneles nuevos antes de volver a conectar el grupo generador.
- Los paneles de reemplazo deberán ser del mismo tamaño y características, por lo que deberán ser del mismo fabricante, modelo y potencia. Se deberá verificar antes del montaje.
- Se deben conectar 18 paneles en fila y en cada estructura 2 filas. Por lo que su conexión será 18 paneles conectados en serie y las 50 filas en paralelo conectadas en la caja de conexión.

1.2. ESTRUCTURA:

- La estructura *metálica* deberá estar conectada a la puesta a tierra de la instalación.
- La estructura que se considere cambiar deberá ser remplazada por una estructura que tenga dimensiones para soportar los paneles elegidos.

1.3. INVERSOR:

- No se deberá utilizar un inversor de menor potencia para remplazar los inversores que resulten dañados.
- Se deberá emplear un inversor del mismo fabricante, modelo y características.
- Se debe emplear inversores con seguimiento de máxima potencia para garantizar la optimización.
- Los inversores deberán tener tal espació que no creen sombra sobre ninguno de los paneles de la instalación.
- Los inversores no estarán a mas de 20 metros de las cajas de conexión.

1.4. CABLES:

- Los cables dañados se cambiaran por cables de misma dimensión y material.
- Se emplearan cables y conectores del mismo fabricante.
- Cada fila tendrá su cable que lo llevaran a las cajas de conexión con las protecciones adecuadas.

1.5. FUSIBLES:

- Los fusibles serán remplazados por los mismo tipo y modelo, y se deberá prever la obtención de mas fusibles de los necesarios, por problemas durante maniobras de instalación.
- Los fusibles serán situados en las cajas de conexiones donde estarán dentro de porta-fusibles numerados por cada fila (1-50).



1.6. INTERRUPTORES:

- Los interruptores que deban cambiarse deberán ser del mismo fabricante y modelo que los empleados. Los diferenciales deberán ser *Testados* antes de su puesta en el circuito.
- Serán de caja cerrada para ofrecer una protección a la hora de maniobra de estos.

1.7. DESCARGADOR DE TENSIÓN:

- El descargador de tensión deberá ser de las mismas características.
- Debe contener contactos auxiliares para los interruptores. De no ser así se deberán obtener para la funcionalidad del dispositivo.

1.8. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN:

- Cualquier centro que haya de ser cambiado deberá ser de al menos misma potencia que la anterior.
- Se deberá colocar la pica de tierra del neutro a mínimo 20 metros de la puesta a tierra de las masas del transformador.
- El Centro estará ubicado en una caseta o envolvente independiente destinada únicamente a esta finalidad. En ella se ha instalado toda la aparamenta y demás equipos eléctricos.
- El centro de transformación será diseñado según todas las normativas que le acondicionen el diseño, teniendo en cuenta las distancias necesarias para pasillos, accesos, etc.

1.9. CAJAS DE CONEXIÓN:

- Las cajas de conexión estarán situadas a menos de 10 metros del inversor. Señaladas con su respectivo signo de entrada al inversor, positivo (+) ó negativo (-) del lado de corriente continua.
- Las conexiones de los conductores se efectuaran dentro de estas con todas las protecciones correspondientes a cada línea.

PLIEGO DE CONDICIONES DEL PERSONAL AJENO

2.1. INSTALACIÓN:

- El personal responsable de la instalación de los equipos deberá estar formado profesionalmente en el ámbito eléctrico.
- La puesta en marcha deberá ser verificada por un ingeniero capaz de verificar la instalación.
- Deberán obtenerse los certificados y licencias que acojan a la instalación.
- Cualquier modificación de lo estipulado en este proyecto será verificado por un ingeniero.

2.2. MANTENIMIENTO:

- Se debe contratar un plan de mantenimiento periódico para asegurar la fiabilidad de la instalación y optimizar así su uso.
- El mantenimiento deberá constar de la supervisión, limpieza, engrase entre elementos y verificación de los equipos instalados, tales como paneles, inversores, centros de transformaciones y sobretodo las protecciones.
- El equipo de mantenimiento deberá ser un personal profesional en el ambiente eléctrico. Deberán tener constancia de los planos de la instalación para conocer el sistema de protecciones



BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- ABB. (2014). *PVS800 central inverters*. Recuperado el 2016, de ABB: www.abb.com
- ABB. (2012). *Surge and Lightning protection solutions*. Recuperado el 2016, de ABB: www.abb.com
- ABB. (2011). *Soluciones para energía solar*. Recuperado el 2016, de Productos de baja tensión: www.abb.com
- ABB. (2011). *Tmáx Generación T*. Recuperado el 2016, de Interruptores ABB: www.abb.com
- Advanced Energy. (2014). *Solar Energy*. Recuperado el 2016, de Advanced Energy: <http://solarenergy.advanced-energy.com/>
- Agencia Estatal de Meteorología. (2016). *Datos estadísticos climatológicos*. Recuperado el 2016, de Agencia Estatal de Meteorología: www.aemet.es
- ATERSA. (23 de 10 de 2014). *Manual 310W Policristalino*. Recuperado el 18 de 4 de 2016, de ATERSA: <http://www.atersa.com/>
- dmELECT. (2014). CT Cálculo de Centros de Transformación. Almería, España.
- Google. (12 de Oct de 2012). *Google Maps*. Recuperado el 28 de 4 de 2016, de Google: <https://maps.google.es/>
- MADE Torres y Herrajes. (2016). *Estructuras Fotovoltaicas*. Recuperado el 2016, de Invertaresa: www.invertaresa.com
- PVGIS. (2003). *Joint Research Centre*. Recuperado el 2016, de European Comission: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>
- PRYSMIAN. (24 de 7 de 2014). *Catalogo Prysmian*. Recuperado el 2016, de Prysmian Group: <http://es.prysmiangroup.com/>
- OMIE. (2015). Resultados del Mercado.
- Roger Folch, J., Riera Guasp, M., & Roldán Porta, C. (2010). *Tecnología eléctrica 3ª edición*. Valencia: Síntesis.
- Santerno. (2014). *Sunway™ TG 800*. Recuperado el 2016, de Santerno: <http://www.santerno.com/>
- Satcon. (2012). *Technologies - Solar inverters*. Recuperado el 2016, de Satcon: www.satcon.com
- Schneider Electric. (17 de 9 de 2012). *Context™ TL*. Recuperado el 2016, de Schneider Electric España: <http://www.schneider-electric.es/>