



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIEROS  
INDUSTRIALES VALENCIA

Curso Académico:

## RESUMEN

El objetivo de este proyecto tiene como finalidad el estudio y diseño de una instalación fotovoltaica de 5 MW en Algemés (Valencia) con la venta de esta energía mediante una conexión directa a la red de distribución.

Se estudiará a lo largo del proyecto la viabilidad en esta localización eligiendo en todos los casos la opción más eficiente y competitiva dentro de todas las posibilidades que nos ofrece el mercado hoy en día. Se buscará la viabilidad en el menor tiempo posible mediante un estudio al largo de todos los años útiles de la instalación.

Se diseñará la instalación mediante el uso de 10 bloques generadores de 500 KW que nos darán los 5 MW de potencia nominal.

**Palabras clave:** Energía Solar, Energía renovable, Panel Solar, Panel Fotovoltáico.

## RESUM

L'objectiu d'aquest projecte té com a finalitat l'estudi i disseny d'una instal·lació fotovoltaica de 5 MW a Algemés (València) amb la venda d'aquesta energia mitjançant una connexió directa a la xarxa de distribució.

S'estudiarà al llarg del projecte la viabilitat en aquesta localització triant en tots els casos l'opció més eficient i competitiva dins de totes les possibilitats que ens ofereix el mercat a dia d'avui. Se cercarà la viabilitat en el menor temps possible mitjançant un estudi al llarg de tots els anys útils de la instal·lació.

Es dissenyarà la instal·lació mitjançant l'ús de 10 blocs generadors de 500 KW que ens donaran els 5 MW de potència nominal.

**Paraules clau:** Energia Solar, Energia renovable, Panell Solar, Panell Fotovoltaic.

## SUMMARY

The objective of this project aims to study and design of a photovoltaic installation of 5 MW in Algemesi (Valencia) with the sale of this energy through a direct connection to the distribution network.

Will be studied throughout the project viability at this location by choosing in all cases more efficient and competitive option within the possibilities that offers the market today. The feasibility will be sought in the shortest possible time by means of a study to the length of all the useful years of installation.

The installation through the use of ten 500 KW generators blocks that will give us the 5 MW of rated power will be designed.

**Key Words:** Solar Energy, Renewable Energy, Solar Panel, Photovoltaic Panel.

# ÍNDICE

<b>MEMORIA .....</b>	<b>9</b>
<b>1. ANTECEDENTES .....</b>	<b>9</b>
<b>2. OBJETO DEL PROYECTO .....</b>	<b>10</b>
<b>3. LOCALIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN .....</b>	<b>12</b>
<b>4. LEGISLACIÓN .....</b>	<b>13</b>
<b>5. DESCRIPCIÓN TÉCNICA .....</b>	<b>13</b>
<b>5.1. POTENCIA A DISEÑAR .....</b>	<b>14</b>
<b>5.2. IRRADIACIÓN Y ENERGÍA GENERADA .....</b>	<b>14</b>
5.2.1. IRRADIACIÓN SOLAR: ÁNGULO FIJO .....	15
<b>6. ESQUEMA DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA .....</b>	<b>16</b>
<b>7. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO .....</b>	<b>16</b>
<b>7.1. TRAMO 1 .....</b>	<b>16</b>
7.1.1. PANELES FOTOVOLTAICOS .....	17
7.1.1.1. CARACTERÍSTICAS DEL PANEL FOTOVOLTAICO .....	17
7.1.2. ESTRUCTURA .....	18
<b>7.2. TRAMO 2 .....</b>	<b>19</b>
7.2.1. CUADRO PRIMER NIVEL .....	19
<b>7.3. TRAMO 3 .....</b>	<b>20</b>
7.3.1. CUADRO NIVEL 2 .....	21
7.3.2. CENTRO DE MEDIDA .....	22
<b>7.4. TRAMO 4 .....</b>	<b>22</b>
7.4.1. INVERSOR .....	22
7.4.2. TRANSFORMADOR .....	24
<b>7.5. ELEMENTOS COMUNES .....</b>	<b>25</b>
7.5.1. CANALIZACIONES .....	25
7.5.2. CONDUCTORES .....	25
<b>7.6. PROTECCIONES .....</b>	<b>26</b>
7.6.1. PROTECCIONES CORRIENTE CONTINUA .....	26
7.6.1.1. VIGILADOR DE AISLAMIENTO .....	27
7.6.1.2. INTERRUPTOR SECCIONADOR .....	28
7.6.2. FUSIBLES .....	29
7.6.3. PROTECCIONES CORRIENTE ALTERNA .....	30
7.6.3.1. INTERRUPTOR AUTOMÁTICO .....	31
<b>8. CÁLCULO ECONÓMICO .....</b>	<b>34</b>
<b>8.1. ENERGÍA GENERADA .....</b>	<b>34</b>
<b>8.2. PRECIO DE VENTA DE LA ENERGÍA DE LA INSTALACIÓN .....</b>	<b>35</b>

8.2.1.	PRECIO DE VENTA EN ESPAÑA .....	35
8.2.2.	PRECIO DE VENTA EN REINO UNIDO .....	36
8.2.3.	CONCLUSIONES .....	37
<b>8.3.</b>	<b>VIAVILIDAD DEL PROYECTO.....</b>	<b>38</b>
<b>9.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>42</b>
<b>ANEXO .....</b>	<b>43</b>	
<b>1.</b>	<b>INCLINACIÓN ÓPTIMA .....</b>	<b>44</b>
<b>2.</b>	<b>PANEL SOLAR .....</b>	<b>45</b>
<b>3.</b>	<b>IRRADIACIÓN SOLAR .....</b>	<b>45</b>
3.1.	COMPARATIVA DIFERENTES GRADOS DE LIVERTAD .....	46
<b>4.</b>	<b>ESTRUCTURA.....</b>	<b>47</b>
<b>5.</b>	<b>SOMBRA.....</b>	<b>47</b>
5.1.	ÁNGULO FIJO.....	48
5.2.	ÁNGULO VARIABLE UN EJE.....	48
5.3.	ÁNGULO VARIABLE DOS EJES .....	48
5.4.	ÁREA POR PANEL.....	49
5.5.	ENERGÍA POR PANEL Y M <sup>2</sup> .....	50
<b>6.</b>	<b>INVERSOR.....</b>	<b>50</b>
<b>7.</b>	<b>CUADRO DE CONEXIONES.....</b>	<b>52</b>
7.1.	CUADRO PRIMER NIVEL .....	52
7.2.	CUADRO SEGUNDO NIVEL.....	54
<b>8.</b>	<b>TRANSFORMADOR .....</b>	<b>54</b>
<b>9.</b>	<b>DIMENSIONAMIENTO DE LOS CONDUCTORES .....</b>	<b>55</b>
9.1.	CRITERIO R.E.B.T ITC-BT40 .....	55
9.2.	CRITERIO TÉRMICO .....	55
9.2.1.	PRIMER TRAMO.....	57
9.2.2.	SEGUNDO TRAMO .....	57
9.2.3.	TERCER TRAMO .....	58
9.2.4.	CUARTO TRAMO.....	58
9.3.	CRITERIO DE CAIDA DE TENSIÓN .....	58
9.3.1.	TRAMO 1 .....	59
9.3.2.	TRAMO 2 .....	59
9.3.3.	TRAMO 3 .....	59
9.3.4.	TRAMO 4 .....	59
9.3.5.	CONCLUSIONES .....	60

9.3.6.	CONDUCTORES DE PROTECCIÓN .....	60
<b>10.</b>	<b>PROTECCIONES .....</b>	<b>60</b>
10.1.	CUADROS DE PRIMER Y SEGUNDO NIVEL .....	61
10.1.1.	FUSIBLES.....	61
10.1.2.	SOBRETENSIONES .....	62
10.2.	SECCIONADOR .....	62
<b>11.</b>	<b>CÁLCULO DE PUESTA A TIERRA.....</b>	<b>63</b>
11.1.	MASAS DE BAJA TENSIÓN.....	63
11.2.	NEUTRO DEL TRANSFORMADOR.....	63
11.3.	MASAS CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.....	64
11.4.	INDEPENDENCIA DE LA PUESTA A TIERRA .....	65
<b>12.</b>	<b>CÁLCULO DEL PERFORMANCE RATIO.....</b>	<b>66</b>
12.1.	PÉRDIDAS POR TEMPERATURA.....	66
12.2.	PÉRDIDAS POR CONDUCTORES.....	67
12.3.	PÉRDIDAS POR MANTENIMIENTO.....	67
12.4.	PÉRDIDAS POR ERROR.....	68
12.5.	PÉRDIDAS EN EL INVERSOR.....	68
12.6.	PÉRDIDAS EN EL TRANSFORMADOR .....	68
12.7.	PÉRDIDAS TOTALES .....	68
	<b>PRESUPUESTO.....</b>	<b>69</b>
1.	<b>CÁLCULO ECONÓMICO .....</b>	<b>70</b>
2.	<b>PRECIO UNITARIO.....</b>	<b>70</b>
3.	<b>PRECIO DESCOMPUESTO .....</b>	<b>71</b>
	<b>PLANOS.....</b>	<b>82</b>



# MEMORIA



# MEMORIA

## 1. ANTECEDENTES

Una de las principales tareas de cada país es el control y producción de energía para suministrar a su industria y para el consumo particular.

Actualmente en la producción de energía el impacto medioambiental es un factor predominante para la evolución de los sistemas de producción. Se busca que en un futuro cercano las vías de producción de la energía en nuestro país tengan un impacto no negativo en el medio ambiente, es decir, se intenta conseguir un futuro donde la energía tenga un desarrollo sostenible.

En este momento está en uso para la producción de energía fuentes de origen fósil, por ejemplo, petróleo, carbón o gas. Con estas fuentes de energía no renovables conllevan la emisión de gases de efecto invernadero durante su transformación en energía que son perjudiciales tanto para el medioambiente como para nuestra salud.

Existen otras fuentes actualmente en uso como la energía nuclear. Esta conlleva la generación de residuos que son perjudiciales y en caso de fallo de la instalación puede llevarnos a problemas en el área próxima para la salud de los seres vivos.

La energía es un bien básico que día tras día se ve incrementada su demanda ya que es necesaria para muchas de las actividades diarias. Por tanto, se tiene que planificar una ruta de expansión de las vías de producción de la energía de forma sostenible.

En los próximos años se prevé la entrada en Europa de nuevos modelos de transporte eléctrico que conllevará un aumento de la demanda en todos los sectores de energía. Estas vías de transporte pueden conllevar el fin del uso de energías fósiles para el cambio por energías renovables como puede ser la energía eólica o la energía solar.

De esta última forma de energía se hará el estudio en este proyecto de fin de grado. La elección de la energía solar es debida a diversos factores que se detallarán a continuación.

En este grado se ha estudiado como poder desarrollar proyectos relacionados con el sector energético. Se ha aprendido a calcular instalaciones eléctricas desde sus elementos fundamentales hasta la protección de estos y de las personas que pueden entrar en contacto con ellas. Para este proyecto en concreto se toma como fundamental la asignatura "Tecnología Eléctrica" impartida en el último curso del grado. En ella se ha aprendido a diseñar siguiendo la normativa vigente instalaciones eléctricas y como protegerlas. También al ser un proyecto con una visión de energía medioambientalmente renovable y sostenible se toma la asignatura "Tecnología Energética" como relevante para el diseño del proyecto porque nos da una visión de los retos de futuro y las posibles vías de expansión del sector energético. De esta última asignatura se han obtenido los conocimientos para la parte de cálculo y elección de los paneles fotovoltaicos que es el elemento más importante de la instalación. Aparte de

estas asignaturas también se han obtenido conocimientos eléctricos que se utilizarán a lo largo del estudio del proyecto.

La energía solar es respetuosa con el medioambiente y no genera emisiones de gases de efecto invernadero. Esto es debido a que en el proceso de generación de electricidad se transforma la energía solar directamente en energía eléctrica. De esta forma se obtiene frente a las formas de obtención de energía anteriormente mencionadas una forma de producción sostenible y sin impacto notable en el medioambiente.

Otro de los factores para la elección ha sido la evolución de la tecnología en estos últimos años y con ello la disminución drástica del precio de los elementos que forman parte de la instalación fotovoltaica. De esta forma se obtiene que instalaciones que pocos años atrás eran inviables por el factor económico hoy en día pueden ser viables.

Se puede observar que el mercado de la energía solar en España es un mercado actualmente en expansión tanto en el mercado industrial como en el caso de los inversores particulares. La concienciación respecto al uso de este tipo de energía hace que el sector este creciendo.

Como precedentes en nuestro país es una política expansiva en este sector que fue gravemente afectada en los momentos de crisis y ha conllevado a la bancarrota a muchos inversores. Se proporcionaba grandes beneficios tanto al precio de instalación como al precio de venta por parte del gobierno de España que al cabo de unos años ceso y quedaron inviables muchos de estos proyectos.

Aún con estos duros requisitos actualmente el mercado de la producción de energía con origen solar ha vuelto a ser viable por la caída de los costes de instalación y por la subida del precio de la energía en su venta al mercado.

Actualmente con la creación del Ministerio de Transición Ecológica se pretende la reducción de los productores de energía con energías no renovables y la no renovación de las centrales nucleares con ello, se puede observar que habrá un aumento y mejora del marco jurídico para la instalación de proyectos como el que se pretende hacer el estudio y análisis.

La elección de Algemesí como lugar del proyecto ha sido decidida porque es una de las ciudades que ha certificado que el 100% de la energía que recibe es de origen renovable. Aun teniendo este certificado no existe un productor cercano que suministre esta energía. Por este motivo se cree que una manera de fomentar la concienciación y el reto del cambio de modelo energético es hacer más visible que este tipo de instalaciones son posibles, viables y se localizan cerca de la población pudiendo generar directamente la energía de la ciudad al ser el productor más cercano.

## 2. OBJETO DEL PROYECTO

El objeto del proyecto es el estudio y diseño de una instalación fotovoltaica de 5 MW situada en Algemesí (Valencia) para su posterior venta de la energía generada a la red eléctrica.

En la instalación se incluirán 10 bloques generadores de iguales características. 500 KW de potencia unidos dos a dos a un transformador de 1 MW. De esta forma se consigue mejorar la optimización de la superficie al conseguir una instalación de bloques simétricos y se buscará que los inversores tengan una potencia cercana a los 500 KW.

Se diseñarán siguiendo la legislación vigente todos los elementos eléctricos de la instalación, desde los módulos fotovoltaicos hasta el transformador. Conjuntamente a todo esto se calcularán las protecciones necesarias y con ello las puestas a tierra de cada parte de la instalación.

La instalación se diseña con una vida útil de 25 años. Durante estos años se puede garantizar un alto rendimiento de la instalación.

Posteriormente a esto se calculará el coste del proyecto teniendo en cuenta el material, la mano de obra y el mantenimiento de la instalación. Se calcularán los precios unitarios y los precios descompuestos de todos los elementos. También se tendrá en cuenta los gastos de beneficio industrial y los gastos por parte de los impuestos.

Tras calcular el coste de la instalación se obtendrá la viabilidad del proyecto para poder saber si el proyecto, aunque sea beneficioso puede que existan otras alternativas que en el mismo tiempo se obtengan aún más beneficios. Para esto se calcularán el VAR y el TIR y se compararán con otras inversiones siempre teniendo en cuenta el riesgo de cada inversión y los futuros que pueden tener ya que nuestra inversión al tener un precio al alza de la venta de energía podrá tener unos beneficios superiores a los esperados. De esta forma más conservadora se puede calcular haciendo el cálculo más fiable.

En todo momento se tendrá en cuenta el impacto medioambiental ya que es una instalación de energía renovable y uno de los criterios de la elección del uso de la energía solar es su perspectiva de modelo energético sostenible siempre teniendo una visión de futuro. Se intentará que el espacio usado por la instalación sea el menor posible, se utilicen el menor número de elementos y todos los elementos tengan las correspondientes certificaciones medioambientales.

Otro de los objetivos que se tomarán en cuenta en el diseño de la instalación es que toda la instalación sea simétrica y a bloques así se facilita el montaje y el cálculo. Otra de las razones de esta simetría y este diseño a bloques es que el análisis de un único bloque permite replicar el mismo tantas veces queramos teniendo unos cálculos fiables.

Los bloques serán de 1 MW de potencia y en esta instalación los bloques son replicados 5 veces. Pero como se ha comentado anteriormente el precio de los materiales está bajando de una forma muy veloz y puede ser una opción de futuro poder replicar estos bloques en las parcelas que están cercanas a nuestra instalación pues las características del terreno y los datos de irradiación son prácticamente los mismos. La viabilidad del proyecto será mayor con el transcurso de los años y generará más beneficios que actualmente provocando que el proyecto pueda ser ampliado en un futuro.

### 3. LOCALIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN

Para la localización se prioriza que el terreno sea lo más llano posible para mejorar la instalación del proyecto y que tenga una buena comunicación tanto a una próxima carretera como a la red eléctrica. Con estos parámetros se puede maximizar el rendimiento y reducir las pérdidas con las mejoras del coste que esto conlleva.

La instalación se sitúa en el municipio de Algemés en la parcela con las siguientes coordenadas:

País: España.

Comunidad: Comunidad Valenciana.

Localidad: Algemés.

Latitud: 39.197990 grados.

Longitud: -0.421857 grados.

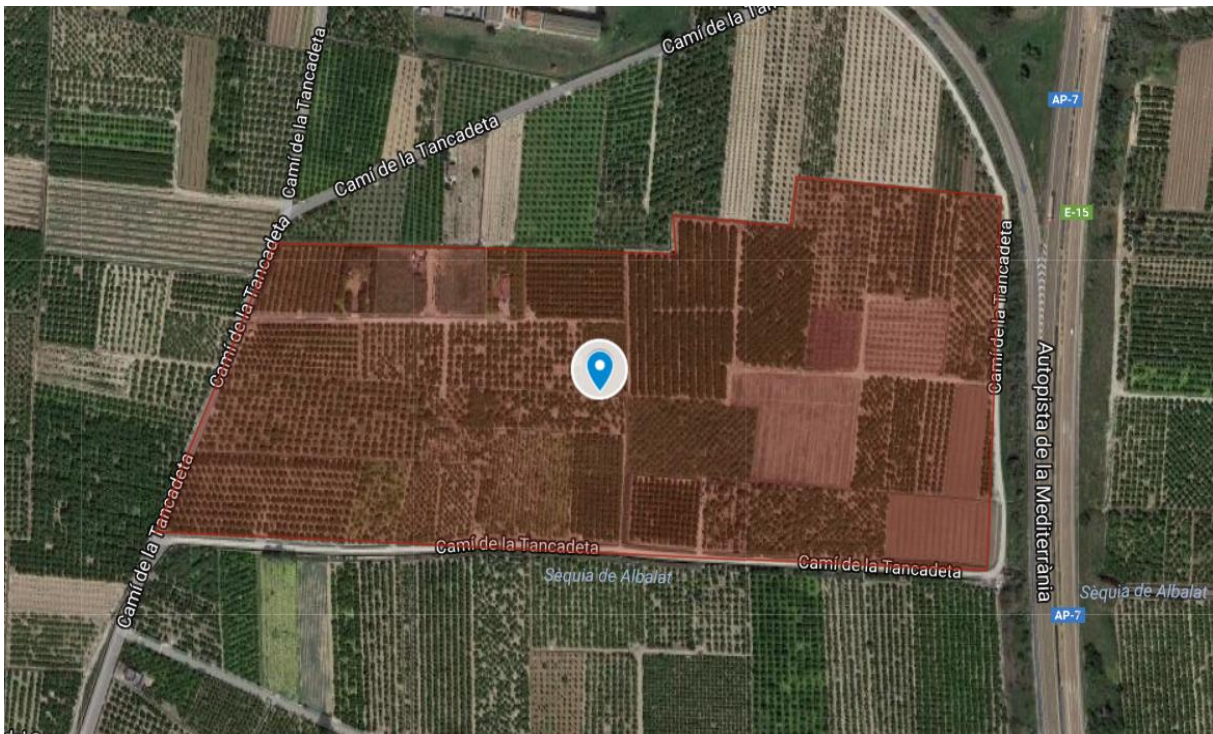


Figura 1. Imagen de la parcela. Fuente: maps.google.es

La parcela tiene acceso a través de una carretera próxima. Se tiene que disponer la adecuación del terreno pues hay que talar árboles y quitar los arbustos.

#### 4. LEGISLACIÓN

A continuación, se va a detallar la legislación del proyecto que se va a aplicar en los cálculos y diseño del proyecto:

- Real decreto 842/2002 de 2 de agosto, por el que se aprueba el reglamento electrotécnico para baja tensión.
- Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.
- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- Orden ETU/130/2017, de 17 de febrero, por la que se actualizan los parámetros retributivos de las instalaciones tipo aplicables a determinadas instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos, a efectos de su aplicación al semiperiodo regulatorio que tiene su inicio el 1 de enero de 2017.
- Código técnico de la edificación (CTE).

#### 5. DESCRIPCIÓN TÉCNICA

En esta parte se va a diseñar y calcular la potencia que tendrá cada uno de los bloques generadores de nuestro proyecto.

Primero se calculará el número mínimo de paneles que serán necesarios para conseguir 5 MW de potencia.

Después se calculará la irradiancia obtenida en la localización de la parcela. Se tendrá que calcular en los diferentes tipos de estructuras que nos proporciona el mercado para poder obtener cual nos ofrece en nuestras coordenadas un mejor rendimiento.

Posteriormente se calculará la energía que se obtendrá teniendo en cuenta la irradiancia final y el modelo de panel fotovoltaico escogido.

Con todos estos datos se obtiene a la energía que se obtendrá por panel en nuestra parcela.

### 5.1. POTENCIA A DISEÑAR

La potencia nominal que se instalará sumará un total mínimo de 5 MW. Esta potencia será suministrada por bloques de potencia nominal mínima de 500 KW.

La potencia pico instalada estará formada por paneles de 325 W pico y constará de 15385 unidades dando un total de 5 MW de potencia pico.

La potencia real instalada difiere al alza de este valor teórico calculado (ver anexo 6). La instalación final constará de 16590 paneles con una potencia total de 5.39 MW. Esto es debido a que se ha buscado maximizar la potencia total de los elementos eléctricos y por otra parte se ha buscado que la instalación sea simétrica. Con esto se puede lograr en un futuro una posible expansión replicando los módulos que se han diseñado en este proyecto.

Los inversores y transformadores se diseñarán con una potencia superior a este valor pico para incrementar la seguridad en la instalación.

En nuestro caso el inversor será de 540 KW (ver memoria 7.4.1) y el transformador será de 1080 KW (ver memoria 7.4.2). El total de la instalación contará con 10 inversores y 5 transformadores.

### 5.2. IRRADIACIÓN Y ENERGÍA GENERADA

La producción de energía eléctrica está directamente condicionada con la irradiación solar que se obtiene en el lugar elegido para nuestra instalación fotovoltaica. Otro factor que se analizará durante el diseño y cálculo de la instalación son las pérdidas, principalmente las pérdidas por temperatura, para los cálculos de energía final generada (ver anexo 12.1).

Tras el análisis de la irradiancia en los casos de estructura con ángulo fijo, ángulo variable de un eje y ángulo variable dos ejes se obtienen como resultado que la estructura de ángulo fijo es la óptima para la obtención de energía en nuestra parcela (ver anexo 4 y 5). Se ha tenido en cuenta el rendimiento de la energía generada que se obtiene por metro cuadrado.

Con los datos obtenidos con la base de datos de **PVGIS** se ha calculado un día genérico de cada mes del año y se ha calculado hora a hora la irradiación obtenida (ver anexo 3).

Tras obtener la irradiancia en un día genérico de cada mes, se ha procedido a calcular la energía según las curvas I-V. Con este dato se calcula el total de energía mes a mes con cada unidad de panel fotovoltaico.

A continuación, se adjunta como se ha calculado con detalle el caso de un ángulo fijo. En los otros casos se ha procedido del mismo modo.

### 5.2.1. IRRADIACIÓN SOLAR: ÁNGULO FIJO

Inicialmente, se ha obtenido de la base de datos de **PVGIS** la irradiación solar en nuestras coordenadas imponiendo como dato que la irradiación sea a 39. 23º (ver anexo 1).

A continuación, se ha calculado la irradiancia en un día genérico para cada mes.

Hora	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
5:07	0	0	0	0	0	29	22	0	0	0	0	0
5:22	0	0	0	0	34	42	34	0	0	0	0	0
5:37	0	0	0	0	48	54	46	26	0	0	0	0
5:52	0	0	0	35	61	65	57	40	0	0	0	0
6:07	0	0	0	55	79	79	72	59	26	0	0	0
6:22	0	0	41	87	113	114	108	91	53	0	0	0
6:37	0	0	79	124	151	153	149	130	88	0	0	0
6:52	0	0	123	165	193	196	194	175	129	73	0	0
7:07	0	83	171	209	237	242	242	222	176	124	0	0
7:22	0	137	222	255	282	289	292	273	225	174	80	0
7:37	105	188	274	302	328	337	344	325	276	226	137	67
7:52	164	241	327	348	374	386	396	378	327	278	189	116
8:07	217	293	379	394	420	434	448	431	379	329	241	172
8:22	270	343	429	439	465	481	500	483	430	379	291	223
8:37	320	392	478	482	508	528	550	534	479	427	339	272
8:52	367	438	525	524	549	572	598	583	527	472	385	320
9:07	412	482	570	563	588	614	644	629	572	515	428	364
9:22	454	523	611	599	625	654	688	673	615	556	469	406
9:37	492	561	649	633	659	691	729	714	654	593	506	444
9:52	527	596	684	664	690	726	766	752	691	627	540	480
10:07	559	627	715	692	718	756	800	786	723	657	570	511
10:22	587	654	743	716	743	784	830	816	753	684	597	539
10:37	611	678	767	738	765	807	856	843	778	707	620	563
10:52	631	698	787	755	783	827	878	865	799	727	640	584
11:07	647	714	803	770	797	843	895	882	816	743	655	600
11:22	659	726	815	780	808	856	909	896	829	754	667	612
11:37	668	734	824	788	816	864	918	905	837	762	675	620
11:52	672	738	828	791	819	868	922	909	842	766	679	624
12:07	672	738	828	791	819	868	922	909	842	766	679	624
12:22	668	734	824	788	816	864	918	905	837	762	675	620
12:37	659	726	815	780	808	856	909	896	829	754	667	612
12:52	647	714	803	770	797	843	895	882	816	743	655	600
13:07	631	698	787	755	783	827	878	865	799	727	640	584
13:22	611	678	767	738	765	807	856	843	778	707	620	563
13:37	587	654	743	716	743	784	830	816	753	684	597	539
13:52	559	627	715	692	718	756	800	786	723	657	570	511
14:07	527	596	684	664	690	726	766	752	691	627	540	480
14:22	492	561	649	633	659	691	729	714	654	593	506	444
14:37	454	523	611	599	625	654	688	673	615	556	469	406
14:52	412	482	570	563	588	614	644	629	572	515	428	364
15:07	367	438	525	524	549	572	598	583	527	472	385	320
15:22	320	392	478	482	508	528	550	534	479	427	339	272
15:37	270	343	429	439	465	481	500	483	430	379	291	223
15:52	217	293	379	394	420	434	448	431	379	329	241	172
16:07	164	241	327	348	374	386	396	378	327	278	189	116
16:22	105	188	274	302	328	337	344	325	276	226	137	67
16:37	57	137	222	255	282	289	292	273	225	174	80	12
16:52	0	83	171	209	237	242	242	222	176	124	16	0
17:07	0	42	123	165	193	196	194	175	129	73	0	0
17:22	0	0	79	124	151	153	149	130	88	36	0	0
17:37	0	0	41	87	113	114	108	91	53	0	0	0
17:52	0	0	13	55	79	79	72	59	26	0	0	0
18:07	0	0	0	35	61	65	57	40	8	0	0	0
18:22	0	0	0	20	48	54	46	26	0	0	0	0
18:37	0	0	0	0	34	42	34	12	0	0	0	0
18:52	0	0	0	0	19	29	22	0	0	0	0	0
19:07	0	0	0	0	0	16	9	0	0	0	0	0
W/m2	4195.25	4933.5	5925.25	5959	6331.25	6649.5	6945.75	6713	6014	5295.5	4358	3761.5

Tabla 1. Irradiación solar eje fijo. Fuente: re.jrc.ec.europa.eu/pvgis

Tras la obtención de este día genérico de la base de datos de **PVGIS** se ha procedido a calcular la energía hora a hora que se generaría en un panel suponiendo que trabaja en el punto de la curva I-V de máxima producción de energía. Obteniendo como resultado en el total del mes los siguientes resultados:

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total 1 panel
44338	52140	62621	60946	66912	68008	73406	70946	61509	55966	44572	39753	701118
												Wh/año

Tabla 2. Energía 1 panel en eje fijo. Fuente: re.jrc.ec.europa.eu/pvgis y Atersa.es

## 6. ESQUEMA DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

El esquema principal de la instalación consta en el primer tramo de la parte generadora. En esta parte se encuentran los paneles fotovoltaicos que se usarán para la obtención de la energía procedente del sol. Esta es la parte más importante y con un precio más elevado de la instalación.

A continuación, en el tramo 2 se encuentran los cuadros de primer nivel. Estos cuadros son el primer nivel de agrupamiento de los conductores procedentes de los paneles solares.

En el tramo 3 se encuentra el cuadro de nivel 2. En este cuadro ya convergen todos los conductores en una única salida que conducirá al inversor.

Y por último se encuentra el tramo 4. En este último tramo, la corriente continua producida por los paneles se ha transformado en el inversor en corriente alterna y se transporta hasta el transformador.

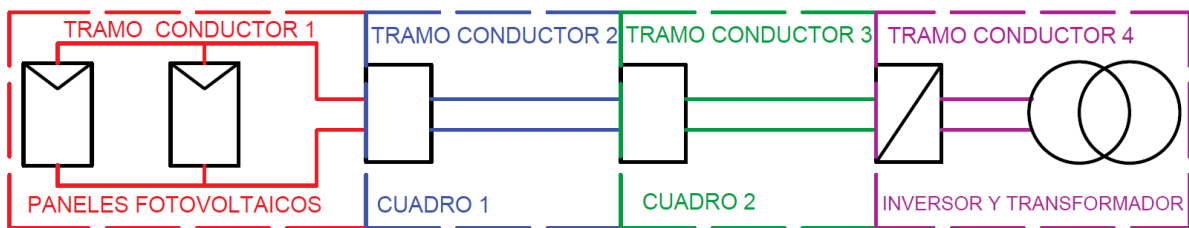


Figura 2. Esquema instalación

## 7. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

Tras el esquema de la instalación se procede a analizar uno a uno todos los elementos que se disponen en este proyecto.

Cada elemento de esta instalación ha sido analizado en el anexo cumpliendo la normativa vigente (ver memoria 3).

### 7.1. TRAMO 1

En este primer tramo nos encontraremos los paneles fotovoltaicos que producen la energía en corriente continua y los conductores que se detallarán en el apartado 7.5. Elementos comunes.



Figura 3. Tramo 1



### 7.1.1. PANELES FOTOVOLTAICOS

Los paneles fotovoltaicos son la parte de la instalación más importante. Transforman la energía solar en energía eléctrica. Son la parte más importante en el diseño de la instalación pues nos condicionan la potencia final instalada y el tamaño de la parcela necesaria para conseguir dicha potencia. El criterio elegido es aquel que tiene como prioridad obtener la potencia máxima, la mayor eficiencia, un uso del terreno menor, un coste menor del W y cercanía al lugar del proyecto.

Esta elección es la más importante del proyecto ya que el número de paneles que se va a usar es muy elevado. El objetivo es obtener la mayor potencia con la tecnología actual a la venta y con el menor uso del espacio posible ya que con esto se mejora el rendimiento y las posibles expansiones.

Se han comparado diversos modelos que nos ofrece el mercado y el modelo de panel escogido es del fabricante **ATERSA** (ver anexo 2). Este fabricante es de origen Valenciano cumpliendo uno de los requisitos impuestos ya que disminuye los costes de transporte y esta marca ofrece una venta directa. Este último factor es muy importante ya que se pueden obtener unos precios inferiores que con intermediarios. El precio obtenido del panel deja un precio competitivo que hace de esta marca una buena elección.

#### 7.1.1.1. CARACTERÍSTICAS DEL PANEL FOTOVOLTAICO

El panel elegido es el modelo de 325 W en específico **ATERSA PANEL SOLAR A-325P ULTRA**.



Figura 4. Características del módulo fotovoltaico. Fuente: Atersa.es

Este modelo es policristalino de 72 células que nos ofrece unos altos rendimientos. Este tipo de placa está preparada para un uso de 1000V que se tomarán conjuntamente a los 15.1 A de corriente máxima inversa para los cálculos de protección de las placas.

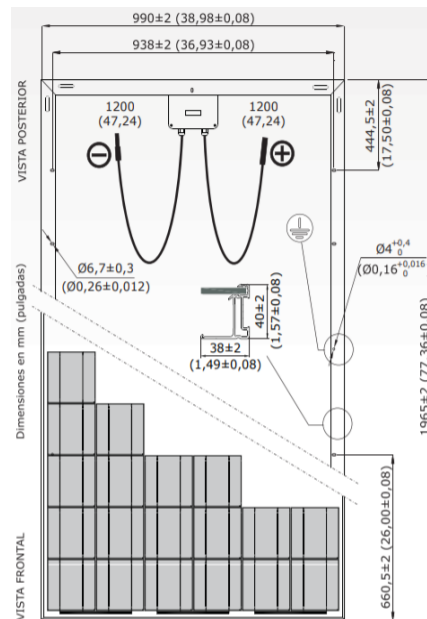


Figura 5. Módulo fotovoltaico. Fuente: Atersa.es

### 7.1.2. ESTRUCTURA

La estructura escogida para la instalación ha sido una estructura de ángulo fijo. Esto se debe a que con esta estructura se ha obtenido un rendimiento mayor de energía por metro cuadrado (ver anexo 5.5).

Tras la elección de la estructura fija se han comparado diversos modelos y se ha escogido el modelo **CVA915** de **SUNFER** con capacidad de 14 paneles fotovoltaicos (ver anexo 4). Es una estructura que admite solo un nivel de colocación de paneles solares como se puede observar en la imagen adjunta.

El precio a dos niveles es muy elevado comparado con la estructura a un nivel y respecto al área que se emplea entre el primer y segundo nivel es proporcional. Por este motivo el factor económico nos ha decantado al uso de la estructura con un coste menor.

La elección de la estructura de 14 módulos se debe a que un String consta de 21 placas y el fabricante carecía de modelos de 21 módulos. El siguiente modelo que podría ser usado es el de 14 módulos. Se juntarán 2 Strings con 3 estructuras de 14. De esta forma se obtiene 42 placas en  $14 * 3 = 42$  módulos.



Figura 6. Estructura. Fuente: [www.sunfer-energy.com](http://www.sunfer-energy.com)

## 7.2. TRAMO 2

En este segundo tramo se sitúa el cuadro de primer nivel que es el primer agrupamiento de los conductores y los fusibles que se detallaran en el apartado 7.6. Protecciones.

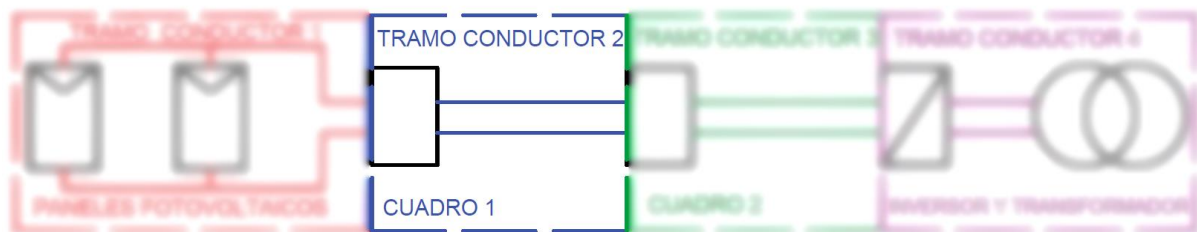


Figura 7. Tramo 2

### 7.2.1. CUADRO PRIMER NIVEL

El primer modelo de cuadro de nuestra instalación tiene como finalidad la unificación de los diversos conductores en una única salida.

Serán necesarios dos niveles de cuadros debido a que el número de Strings por inversor es muy elevado.

Tras comparar los diversos modelos que nos ofrece la marca **SCHNEIDER** se ha procedido a la elección del cuadro que pueda unificar los 79 Strings que le corresponden a cada inversor.

El primer cuadro de conexiones utilizado es el modelo **AB16-160 SCHNEIDER** (ver anexo 7). Este modelo incorpora una entrada máxima de 16 canales y está fabricado específicamente para sistemas de captación solar.

Cada bloque constará de 4 cuadros con 16 entradas de Strings y otro cuadro con 15 entradas de Strings. Dejando un total de 79 Strings entre los 5 cuadros.

Device short name	AB16-160
<b>Electrical specifications</b>	
<b>DC input</b>	
Number of inputs	16
Max. voltage in open circuit	1000 Vdc
Max. input current in short circuit	25 A
Max. input current in short circuit at STC	20 A
<b>DC output</b>	
<b>Max. output current in short circuit</b>	
Ambient temperature < 40°C	200 A
Ambient temperature < 45°C	200 A
Ambient temperature < 50°C	200 A

Figura 8. Características AB08-160. Fuente: [www.schneider-electric.com](http://www.schneider-electric.com)

Cada conexión consta de 8.89 A de corriente máxima y 980.28 V de tensión máxima.

La corriente máxima que puede soportar el cuadro a la entrada es de 25 A siendo esta superior a la corriente máxima de cada conexión.

La tensión máxima que soporta este cuadro es de 1000 V que es superior a la tensión máxima que le puede proporcionar cada conexión.

Cada entrada ira protegida con un fusible de 10 A (ver anexo 10.1.1), se detallarán más sus características en el apartado de protecciones (ver memoria 7.6.2). De esta forma si algún String falla el cuadro podrá seguir operando con las otras conexiones que funcionen de forma correcta.

Este modelo de cuadro de conexiones lleva incorporada protección contra sobretensiones. El máximo que puede proteger en corriente continua es 40 KA.



Figura 9. Cuadro de conexiones 1. Fuente: [www.schneider-electric.com](http://www.schneider-electric.com)

### 7.3. TRAMO 3

En este tercer tramo nos encontramos la caja de segundo nivel que agrupa finalmente los conductores en una única salida y los fusibles para proteger los conductores del primer cuadro que se detallan en el apartado 7.6. Protecciones.

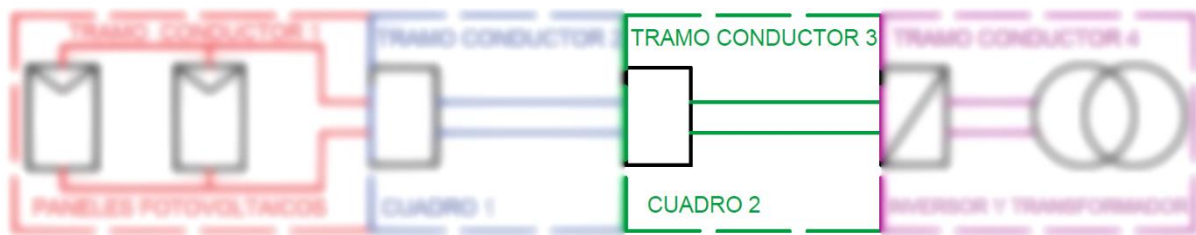


Figura 10. Tramo 3

### 7.3.1. CUADRO NIVEL 2

Como el número de Strings es muy elevado y el inversor solo acepta una entrada es imposible con el uso de un único cuadro de conexiones.

Se calcula que son necesarios 5 cuadros por inversor (ver anexo 7). Por este motivo se usa de otro nivel de cuadro que pueda unificar las conexiones del cuadro del tramo 2.

El cuadro tendrá una única salida que irá directa al inversor.

El modelo elegido ha sido **DC06B PROTECT** del fabricante **SCHNEIDER** (ver anexo 7.1).

El cuadro se situará lo más próximo que sea posible del inversor para minimizar las pérdidas.

Del mismo modo que con el cuadro de primer nivel todas las conexiones van a ser protegidas con fusibles. De este modo ante cualquier fallo se minimizan las partes afectadas y se corta al instante la corriente que causa el fallo.

El modelo de fusible elegido para la protección de este segundo nivel es de 160 A (ver anexo 10.1.1) que se detallará en el apartado de protección (ver memoria 6.6.2). Se ha elegido este amperaje ya que el cuadro nos marca que modelos de fusibles son compatibles con él.

Este cuadro como el anterior soportan 1000 V por lo tanto se cumple con este requerimiento.

Cada conexión tiene como máximo 143.68 A. El cuadro acepta hasta 375 A por lo tanto cumple ampliamente con el requisito de corriente a la entrada.



Figura 11. Cuadro de conexiones 2. Fuente: [www.schneider-electric.com](http://www.schneider-electric.com)

### 7.3.2. CENTRO DE MEDIDA

Este elemento debe de medir la energía generada en cada inversor por este motivo, el propio fabricante SCHNEIDER nos ofrece un componente que se puede adherir al cuadro de conexiones 2 para que se pueda medir la energía generada.

Se ha elegido en este caso el modelo **PM700 de SCHNEIDER**.



Figura 12. Centro de medida. Fuente: [www.schneider-electric.com](http://www.schneider-electric.com)

### 7.4. TRAMO 4

En este último tramo nos encontramos el inversor y el transformador. Este es el único tramo que la corriente es alterna ya que el inversor transforma la corriente continua de los demás tramos en corriente alterna.



Figura 13. Tramo 4

#### 7.4.1. INVERSOR

El inversor es el elemento eléctrico que se encarga de transformar la corriente continua en alterna. Se busca que la tensión máxima sea de 1000V en la parte de entrada de corriente continua porque nos

encontramos en la parte de baja tensión. Se prioriza ante todo mejorar el rendimiento total de la instalación.

Después de la elección del inversor se ha buscado que todos los elementos restantes sean suministrados por la misma empresa para mejorar la sinergia y en caso de producirse algún problema sea todo más sencillo de gestionar.

Este elemento es fundamental pues la energía producida en nuestro proyecto es en corriente continua y la red eléctrica a la cual vamos a vender es en corriente alterna. Para poder vender nuestra energía tenemos que distribuir la corriente con las mismas características que la red eléctrica. Es decir, necesitamos transformar la corriente continua en corriente alterna.

El inversor escogido es **XC540 de SCHNEIDER** (ver anexo 6), este inversor ha sido diseñado para transformar la energía de los paneles solares de corriente continua en corriente alterna. Su potencia máxima es de 540 KW.

Con la elección de este inversor la instalación estará formada de 10 bloques de aproximadamente 540 KW formando un total de 5.4 MW de potencia máxima.

El inversor es el encargado de mantener los paneles en su punto de funcionamiento de máximo rendimiento. El inversor situará en cada instante el punto de funcionamiento máximo que es diferente según el nivel de irradiación que se tenga en ese instante.

Para obtener el voltaje óptimo para el inversor se tendrán que poner en serie 21 paneles fotovoltaicos (ver anexo 6).

A partir de este momento los 21 paneles fotovoltaicos se nombrarán como String.

Cada panel tiene 46.68 V en circuito abierto de este modo para aumentar el voltaje se procede a unirlos en serie. Con la anexión de los 21 paneles en un String se obtiene 980.28 V en circuito abierto inferior a los 1000 V que soporta el inversor.

A continuación, se obtiene la potencia que produce cada String. Cada panel consta de 21 paneles de 325 W formando un total de 6.825 KW por String.

Después de obtener la potencia por cada String se obtiene el número necesario en paralelo, siempre comprobando que la corriente en caso de cortocircuito sea admisible por el inversor.

Siendo la potencia máxima de 540 KW y un String 6.825 KW se obtiene que son necesarios 79 Strings en paralelo dejando una potencia total por inversor de 539.17 KW inferior a la potencia máxima que nos puede garantizar el inversor.

Con estos 79 Strings en paralelo se procede a comprobar que la corriente máxima en cortocircuito sea admisible por el inversor.

Cada String tiene 8.98 A en corriente de cortocircuito. Se han dispuesto 79 Strings en paralelo se ha aumentado la corriente 79 veces dejando como resultado 709.42 A en corriente de cortocircuito.

La corriente máxima calculada es inferior a la corriente admisible por el inversor que son 1280 A.

La tensión de salida del inversor son 300 V que es la misma que se tomara para seleccionar la tensión de entrada del transformador.



Figura 14. Inversor. Fuente: [www.schneider-electric.com](http://www.schneider-electric.com)

#### 7.4.2. TRANSFORMADOR

El transformador elegido es el modelo **MINERA PV 1080 SCHNEIDER**, este modelo está específicamente diseñado para sistemas fotovoltaicos.

Se ha elegido utilizar 5 transformadores ya que la potencia máxima de nuestra instalación es de 5.4 MW.

A cada transformador le corresponderán 2 inversores de 540 KW. Dejando una potencia máxima por transformador de 1078.34 KW.

Este modelo tiene como características:

- Tensión de entrada: 300 V.
- Tensión nominal de salida: 20000 V.
- Entradas máximas: 2.



Figura 15. Transformador. Fuente: [www.schneider-electric.com](http://www.schneider-electric.com)



## 7.5. ELEMENTOS COMUNES

En toda la instalación tenemos elementos comunes como los conductores o las canalizaciones para su transporte.

### 7.5.1. CANALIZACIONES

Se elegirán bandejas perforadas de la marca **SCHNEIDER** para mejorar la refrigeración de los conductores y se mantiene una homogenización del distribuidor de la mayoría de los elementos del sistema. En este caso el modelo elegido es **MTS.PERFORMA ZINC+ 70x200 Y 30x100**.



Figura 16. Canalización. Fuente: [www.schneider-electric.com](http://www.schneider-electric.com)

### 7.5.2. CONDUCTORES

Después de una búsqueda entre las principales marcas que proporcionan conductores diseñados para sistemas fotovoltaicos se ha escogido la marca **PRYSMAN** el modelo **Afumex Class Blindex 1000 V (AS) Z1C4Z1-K (AS)** (ver anexo 9).

## AFUMEX CLASS 1000 V (AS) RZ1-K (AS)

Tensión asignada: 0,6/1 kV  
Norma diseño: UNE 21123-4  
Designación genérica: RZ1-K (AS)



### DATOS TÉCNICOS

NÚMERO DE CONDUCTORES x SECCIÓN mm²	ESPESOR DE AISLAMIENTO mm (1)	DIÁMETRO EXTERIOR mm (1)	PESO kg/km (1)	RESISTENCIA DEL CONDUCTOR a 20 °C Ω /km	INTENSIDAD ADMISIBLE AL AIRE (2) A	INTENSIDAD ADMISIBLE ENTERRADO (3) A	CAÍDA DE TENSIÓN V/A km (2)	
							cos φ = 1	cos φ = 0,8
1 x 1,5	0,7	7	67	13,3	21	21	26,5	21,36
1 x 2,5	0,7	7,5	79	7,98	30	27	15,92	12,88
1 x 4	0,7	8	97	4,95	40	35	9,96	8,1
1 x 6	0,7	8,5	120	3,3	52	44	6,74	5,51
1 x 10	0,7	9,6	167	1,91	72	58	4	3,31
1 x 16	0,7	10,6	226	1,21	97	75	2,51	2,12
1 x 25	0,9	12,3	321	0,78	122	96	1,59	1,37
1 x 35	0,9	13,8	421	0,55	153	117	1,15	1,01
1 x 50	1	15,4	579	0,38	188	138	0,85	0,77
1 x 70	1,1	17,3	780	0,27	243	170	0,59	0,56
1 x 95	1,1	19,2	995	0,20	298	202	0,42	0,43
1 x 120	1,2	21,3	1240	0,16	350	230	0,34	0,36
1 x 150	1,4	23,4	1529	0,12	401	260	0,27	0,31
1 x 185	1,6	25,6	1826	0,10	460	291	0,22	0,26
1 x 240	1,7	28,6	2383	0,08	545	336	0,17	0,22
1 x 300	1,8	31,3	2942	0,06	630	380	0,14	0,19
1 x 400	2	36	3921	0,05		446	0,11	0,17

Figura 17. Conductores. Fuente: [es.prysmiangroup.com](http://es.prysmiangroup.com)

Como se ha comentado anteriormente el conductor es el mismo modelo con diferentes secciones que se van a describir a continuación (ver anexo 9):

- Tramo 1: Sección 4 mm<sup>2</sup>.
- Tramo 2: Sección 70 mm<sup>2</sup>.
- Tramo 3: Sección 185 mm<sup>2</sup>.
- Tramo 4: Sección 150 mm<sup>2</sup>.  
Sección 95 mm<sup>2</sup>.

## 7.6. PROTECCIONES

Las puestas a tierra del proyecto han sido diseñadas con un esquema IT y un esquema TT.

Las líneas en baja tensión estarán aisladas de tierra. Con esto se consigue que ante un fallo no habrá ningún problema de seguridad. De este modo se evita que circule corriente. Las masas en este caso sí estarán conectadas a tierra.

El problema surge en el segundo fallo. Tras el primer fallo se tiene que detectar y conseguir que el sistema interrumpa su funcionamiento.

En el caso que hubiera dos fallos sí que habría circulación de corriente. Por este motivo tras aparecer el primer fallo, mediante el uso de un vigilador de aislamiento y un interruptor seccionador deben entrar inmediatamente en funcionamiento y así impedimos que el sistema contenga más de un defecto.

La siguiente parte de la instalación que debe protegerse es el centro de transformación. Se ha diseñado la instalación para que en caso de defecto el bucle conste de la fase averiada, la puesta a tierra de las masas y la puesta a tierra del neutro del centro de transformación.

Esta corriente crearía una diferencia de corriente entre el neutro y las fases.

### 7.6.1. PROTECCIONES CORRIENTE CONTINUA

En la parte de corriente continua que consta de los 3 primeros tramos elegimos para su protección 3 elementos clave.

- Vigilador de aislamiento
- Interruptor seccionador
- Fusibles

Estos elementos nos protegen los paneles fotovoltaicos de todo tipo de posibles errores que pueda sufrir la instalación.

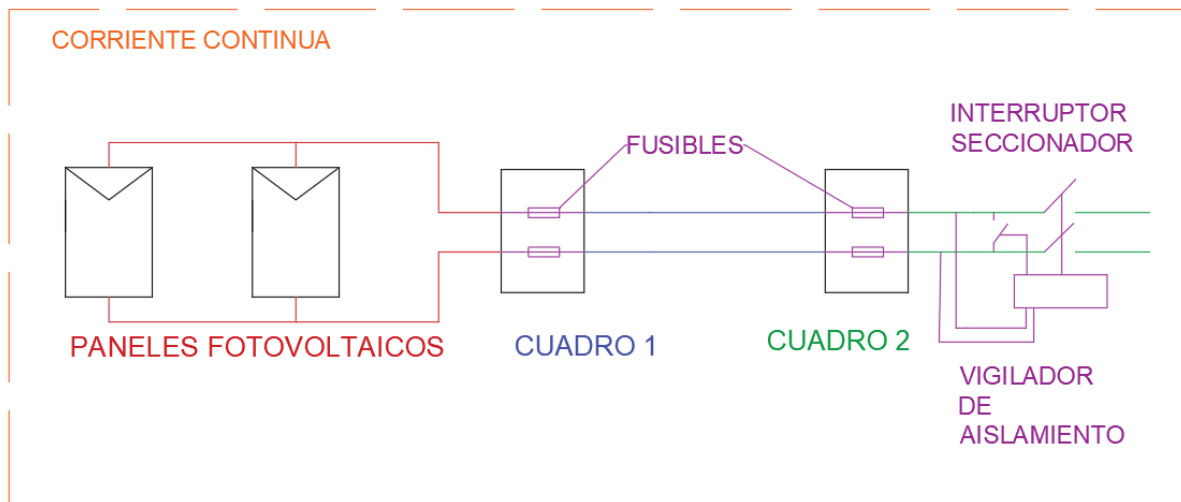


Figura 18. Esquema corriente continua

### 7.6.1.1. VIGILADOR DE AISLAMIENTO

Se ha elegido el modelo **FAC4** de la marca **PROAT** especialmente diseñado para proyectos fotovoltaicos protegidos con un esquema IT.

Con este tipo de protección los conductores de la parte generadora estarán aislados de tierra, mientras que las masas estarán conectadas a una única tierra.

Para evitar este segundo fallo se ha designado el vigilador de aislamiento **FAC4** que detectará el primer fallo y hará saltar el interruptor seccionador dejando aislada esta parte del resto de la instalación.

En caso de que exista un fallo se unirán los conductores de la rama positiva y negativa.



Figura 19. Vigilador de aislamiento. Fuente: [www.proat.es](http://www.proat.es)

Como se puede observar en la figura 13 el vigilador de aislamiento también debe conectarse a la puesta a tierra.

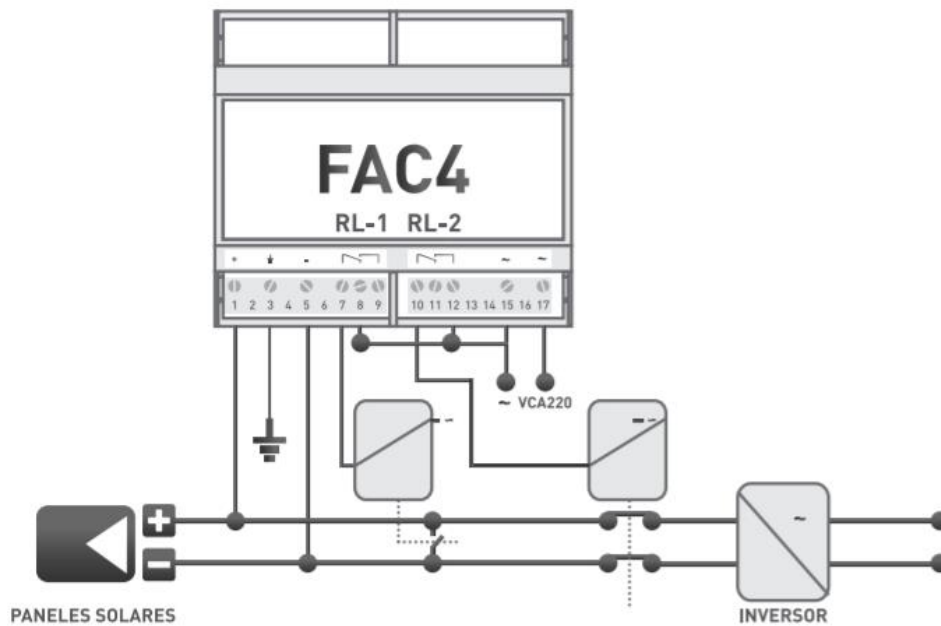


Figura 20. Esquema vigilador de aislamiento. Fuente: [www.proat.es](http://www.proat.es)

Las características de este modelo son:

- Tensión máxima: 1000 V.
- Resistencia de fuga: 20-80 K $\Omega$ .
- Tiempo de respuesta: inferior a 0.1 s.

#### 7.6.1.2. INTERRUPTOR SECCIONADOR

La primera protección que encontramos en la parte de continua es el interruptor seccionador. Su función es interrumpir el paso de corriente continua antes del inversor.

El interruptor puede interrumpir de forma manual o a causa de que el vigilador lo active de forma automática a causa de un fallo (ver memoria 7.6.1.1.).

El seccionador escogido ha sido de la marca **SCHNEIDER** el modelo **NSX1000NA DC PV -1000A**.

La corriente de entrada máxima que tiene que interrumpir en el punto donde se sitúa es de 709.42 A siendo menor que la del seccionador que es como máximo 1000 A.

También cumple con la tensión máxima que puede circular en el interruptor, siendo esta 1000 V y la máxima de del conductor 980.28 V.



Figura 21. Interruptor seccionador. Fuente: [www.schneider-electric.com](http://www.schneider-electric.com)

Las características del interruptor seccionador son las siguientes:

- Intensidad nominal: 1000 A.
- Tensión nominal: 1000 V.
- Corriente de corte en cortocircuito: 20 KA.

### 7.6.2. FUSIBLES

Este elemento es fundamental para la protección de cada una de las conexiones de los paneles fotovoltaicos (ver anexo 10.1.1).

10x38	$I_n$ (A)	REFERENCE	BREAKING CAPACITY (kA)	PACKING Un./BOX
1000V DC	1	491601	30	10/100
	2 $U_L$	491602	30	10/100
	3 $U_L$	491604	30	10/100
	4 $U_L$	491605	30	10/100
	5 $U_L$	491606	30	10/100
	6 $U_L$	491610	30	10/100
	8 $U_L$	491615	30	10/100
	10 $U_L$	491620	30	10/100
	12 $U_L$	491625	30	10/100
	15 $U_L$	491629	30	10/100
	16 $U_L$	491630	30	10/100
	20 $U_L$	491635	30	10/100



Figura 22. Fusibles 1. Fuente: [www.df-sa.es](http://www.df-sa.es)

El modelo de fusible elegido es **GPV 10X38 10A 1000V** de la marca **DF-SA**. Se incorporará uno por cada conductor de cada String para que nunca se pueda obtener 15.1 A de corriente inversa, sobrepasar esa corriente dañaría todo un String que consta de 21 paneles. Los costes en ese caso serían inaceptables respecto al precio de un fusible (ver anexo 10.1).

Las características que han hecho elegir este fusible son las siguientes:

- Intensidad nominal: 10 A.
- Intensidad máxima: 30 KA.
- Tensión nominal: 1000 V

	$I_n$ (A)	REFERENCE	BREAKING CAPACITY (kA)	PACKING Un./BOX
<b>NH1</b>	25	373210 (UL)	30	1/30
	32	373215 (UL)	30	1/30
	40	373225 (UL)	30	1/30
	50	373230 (UL)	30	1/30
	63	373235 (UL)	30	1/30
	80	373240 (UL)	30	1/30
	100	373245 (UL)	30	1/30
	125	373250 (UL)	30	1/30
	160	373255	30	1/30
	200	373260	30	1/30



Figura 23. Fusibles 2. Fuente: [www.df-sa.es](http://www.df-sa.es)

El modelo de fusible elegido es **GPV NH1 160A 1000V** de la marca **DF-SA**. Se incorporará uno por cada conductor. Este modelo de fusible se incorporará en el cuadro de nivel 2 (ver anexo 10.1).

Las características que han hecho elegir este fusible son las siguientes:

- Intensidad nominal: 160 A.
- Intensidad máxima: 30 KA.
- Tensión nominal: 1000 V.

### 7.6.3. PROTECCIONES CORRIENTE ALTERNA

La parte de corriente alterna consta en el último tramo. En este tramo hay un interruptor automático que tiene como complemento un micrologic 7.0 A, que se detallará en el siguiente apartado, tiene como una de sus funciones la de detectar corrientes diferenciales y en caso de fallo detener el paso de la corriente.

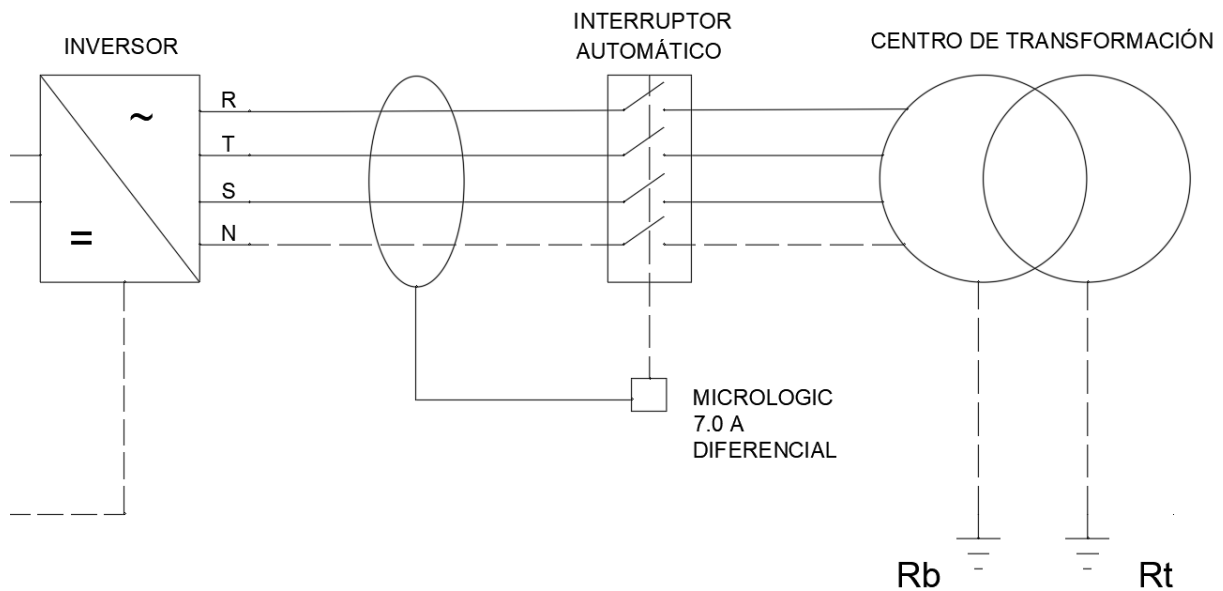


Figura 24. Esquema corriente alterna

### 7.6.3.1. INTERRUPTOR AUTOMÁTICO

En esta parte de protección de la instalación se busca poder cortar la corriente alterna en caso de fallo o anomalías en el funcionamiento.

Se sitúa a la salida del inversor y su función es el corte en caso de cortocircuito desde el transformador.

La salida del inversor está marcada por el modelo escogido que en nuestro caso son 300 V y 1040 A.

El interruptor elegido es el modelo **NS1250N** de **SCHNEIDER** porque cumple con todos los requisitos necesarios para cumplir con la normativa. Siendo estos:

La corriente de cortocircuito que se produciría sería  $I_{cc} = \frac{In}{\epsilon_{cc}} = \frac{1040}{0.06} = 17333 \text{ A}$  (Ec. 1)

La  $\epsilon_{cc}$  en caso de cortocircuito se ha tomado la impedancia del transformador ya que esta intensidad solo estará limitada por el transformador.

Según nos indica el fabricante, con el uso del controlador Micrologic podemos obtener una protección instantánea con un tiempo de 20 ms.

Con esto se puede calcular si el conductor puede soportar la energía durante el tiempo que dura el cortocircuito.

El valor de K que se va a utilizar es el del cobre con termoestables que en nuestro caso es 143 y la sección del conductor es  $150\text{mm}^2 \times 3$  (ver anexo 9).

$$I^2 t_{adm} = (K * S)^2 = 4.14 * 10^9 \text{ J}/\Omega \text{ (Ec. 2)}$$

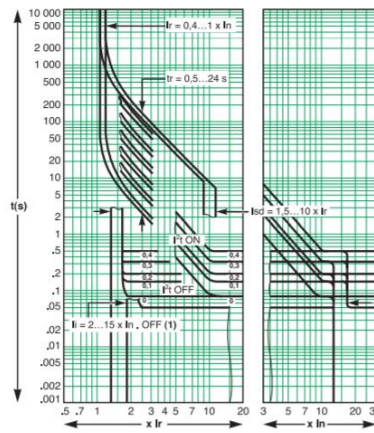


Figura 25. curva de disparo. Fuente: [www.schneider-electric.com](http://www.schneider-electric.com)

La energía que deja pasar el inversor en este caso es:

$$I^2t = I_{cc}^2 * t = 17333^2 * 0.02 = 6008657J/\Omega \text{ (Ec. 3)}$$

Como la energía que se obtiene es inferior el conductor está protegido contra cortocircuitos.

El interruptor se situará en la parte de alterna por lo tanto son necesarios 4 polos.

La tensión máxima que soporta el interruptor automático es 690 V superior a los 300 V que nos ofrece el inversor a su salida.

A este modelo de interruptor se le puede dotar de un controlador que nos dé más funcionalidades para poder controlar otros parámetros como, por ejemplo, una protección más selectiva o incluso contra fugas a tierra. De este modo se ha elegido como complemento la unidad de control más completa que nos ofrece el fabricante. En este caso la unidad Micrologic 7.0 A que se ha comentado anteriormente.

Las principales características son:

- Intensidad nominal: 1250 A.
- Tensión nominal: 690 V.
- Poder de corte: 50 KA.

Se elige el modelo con una tensión muy superior a la tensión de las fases ya que no existe ningún modelo con una tensión inferior que nos proporcione 1250 A.

Con el uso del controlador Micrologic 7.0 A se puede conseguir que el propio Interruptor Automático pueda responder ante una corriente diferencial de 300 mA.

Esta intensidad tiene que ser superior al doble de fuga de la parte de corriente alterna. Es decir, la intensidad de fuga tiene que ser inferior a 150 mA.

Se admite para la capacitancia parasita en nuestra instalación entre la dase y tierra un valor de:

$$Cp = 30 * 10^{-6} \frac{F}{Km * fase} \text{ (Ec.5)}$$



### Micrologic 7.0 A: protección selectiva + diferencial y amperímetro



Figura 26. Interruptor automático. Fuente: [www.schneider-electric.com](http://www.schneider-electric.com)

$$I_f = \frac{V_{fase}}{Z_p} = \frac{\frac{300}{\sqrt{3}}}{\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 0.3 \cdot 10^{-6}}} = 16.3 \frac{mA}{Km \cdot fase} \quad (Ec4)$$

Se obtiene como resultado:

$$I_f = 16.3 \cdot \frac{10.5}{1000} \cdot 3 = 0.51345 \text{ mA} \quad (Ec. 6)$$

Al ser esta corriente de fuga inferior a 150 mA se puede admitir que la instalación está protegida. Se ha elegido 300 mA porque es la corriente de fuga estándar en la industria y queda protegida la instalación en la puesta a tierra.

La instalación no puede producir sobrecargas pues la corriente de cortocircuito de los paneles fotovoltaicos es similar a su corriente nominal, se puede producir únicamente cortocircuitos desde el transformador. Por este motivo hay que programar la unidad de Micrologic para que tenga la siguiente curva de disparo (color rojo) de esta forma se protege directamente de forma instantánea contra cortocircuitos:

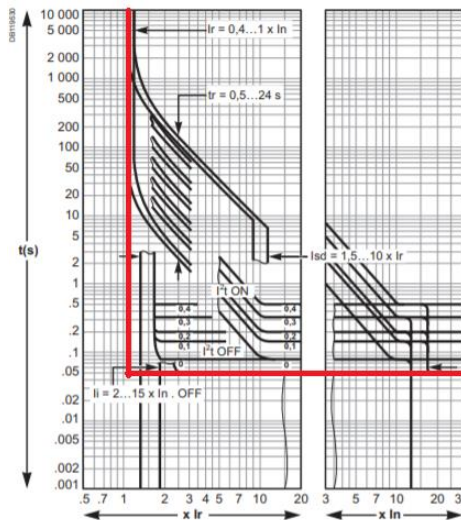


Figura 27. Curva de disparo

## 8. CÁLCULO ECONÓMICO

Finalmente, se va a calcular la energía generada según todos los datos obtenidos en los diferentes apartados de cálculo.

Primero se obtiene la energía generada de un panel en un día genérico mes a mes y con este se puede obtener la energía que produciría un panel en un año en la localización de la parcela.

Todos estos datos se obtienen sin tener en cuenta las posibles pérdidas que se han calculado en el anexo 12. Posteriormente en el cálculo de la viabilidad del proyecto se tendrá en cuenta todos los factores.

### 8.1. ENERGÍA GENERADA

Como se ha comentado en el apartado anterior se va a mostrar una tabla con la energía de un panel y de los 16590 paneles que se han calculado en nuestra instalación.

	Energía generada	
	1 panel	16590 paneles
Enero	44338	735560510.8
Febrero	52140	864999172.8
Marzo	62621	1038884433
Abril	60946	1011098593
Mayo	66912	1110069122
Junio	68008	1128259791
Julio	73406	1217810480
Agosto	70946	1177002016
Septiembre	61509	1020430766
Octubre	55966	928469265.2
Noviembre	44572	739447502.5
Diciembre	39753	659510365.6
<b>Total Wh</b>	<b>701118</b>	<b>11631542018</b>
<b>Total MWh</b>	<b>0.701</b>	<b>11631.54</b>

Tabla 3. Energía generada anualmente

Tras el análisis de la energía generada en un panel teniendo en cuenta todas las variables que condicionan la instalación se ha extrapolado este dato a los 16590 paneles que forman el total de la parte generadora.

Se obtiene que durante un año se producen 11631.54 MWh. Que posteriormente se procederá a su venta a través de la red eléctrica de España.

## 8.2. PRECIO DE VENTA DE LA ENERGÍA DE LA INSTALACIÓN

Se va a comparar para su estudio la diferencia de precios de una misma instalación en dos mercados diferentes. En España y en Reino Unido.

Con esto se podrá observar que una misma instalación en una localización diferente puede producir un beneficio diferente. Incluso puede dejar de ser viable por el precio de venta en el mercado de la energía producida.

### 8.2.1. PRECIO DE VENTA EN ESPAÑA

Con los datos obtenidos de la página web OMIE se ha conseguido mes a mes el precio de la energía en España en 2017. Se tomarán estos datos como base para el cálculo económico de la instalación.

Estos datos se toman como validos ya que el precio de la energía año tras año sube y con esto los precios de venta reales serán algo superiores a los calculados.

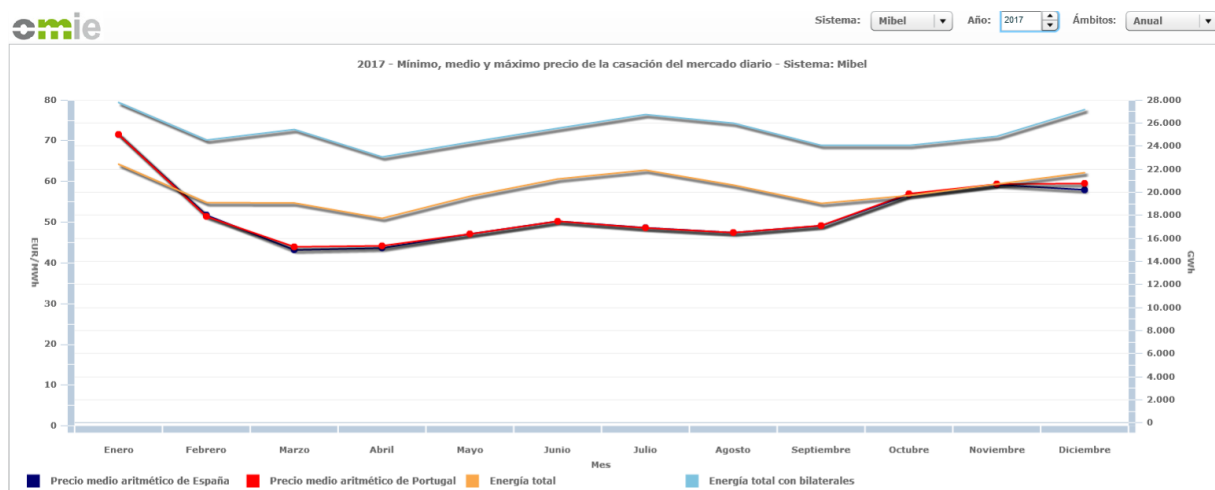


Figura 28. Evolución de los precios en España. Fuente: [www.omie.es](http://www.omie.es)

Con estos precios de venta de la energía creciendo de forma estable y el precio de las instalaciones fotovoltaicas descendiendo año tras año se puede observar como la viabilidad de este tipo de proyectos va aumentando.

Tras la obtención del precio de venta y de la energía generada por el total de placas mes a mes podemos obtener el beneficio que se obtendría.

	1 panel	16590 paneles	Precio/MWh	Precio venta
Enero	44338	735560510.8	71.49	52585.22
Febrero	52140	864999172.8	51.74	44755.06
Marzo	62621	1038884433	43.19	44869.42
Abril	60946	1011098593	43.69	44174.90
Mayo	66912	1110069122	47.11	52295.36
Junio	68008	1128259791	50.22	56661.21
Julio	73406	1217810480	48.63	59222.12
Agosto	70946	1177002016	47.46	55860.52
Septiembre	61509	1020430766	49.15	50154.17
Octubre	55966	928469265.2	56.77	52709.20
Noviembre	44572	739447502.5	59.19	43767.90
Diciembre	39753	659510365.6	57.94	38212.03
<b>Total Wh:</b>	<b>701118</b>	<b>11631542018</b>	<b>Total €:</b>	<b>595267.10</b>
<b>Total MWh:</b>	<b>0.701</b>	<b>11631.54</b>		

Tabla 4. Precio de venta energía generada

El beneficio anual de la instalación que se obtendría es de un precio de venta de 595267.10€ al año en el mercado español.

### 8.2.2. PRECIO DE VENTA EN REINO UNIDO



Figura 29. Precio de venta energía en UK. Fuente: [www.ofgem.gov.uk](http://www.ofgem.gov.uk)

A continuación, se va a calcular el precio de venta que se obtendría en una instalación que genere la misma energía en el mercado de Reino Unido.

Se obtienen los datos de ofgem.gov.uk del precio de la energía mes a mes durante el año 2017.

Con estos datos y la energía generada en la instalación fotovoltaica se obtiene la siguiente tabla de precio de venta.

	1 panel	16590 paneles	Precio/MWh	Precio venta
Enero	44338	735560510.8	£ 53.37	£ 39,257
Febrero	52140	864999172.8	£ 49.49	£ 42,809
Marzo	62621	1038884433	£ 41.99	£ 43,623
Abril	60946	1011098593	£ 52.10	£ 52,678
Mayo	66912	1110069122	£ 41.24	£ 45,779
Junio	68008	1128259791	£ 39.68	£ 44,769
Julio	73406	1217810480	£ 43.05	£ 52,427
Agosto	70946	1177002016	£ 43.34	£ 51,011
Septiembre	61509	1020430766	£ 47.17	£ 48,134
Octubre	55966	928469265.2	£ 46.68	£ 43,341
Noviembre	44572	739447502.5	£ 51.45	£ 38,045
Diciembre	39753	659510365.6	£ 56.18	£ 37,051
<b>Total Wh:</b>	<b>701118</b>	<b>11631542018</b>	<b>Total de venta:</b>	<b>£ 538,924</b>
<b>Total MWh:</b>	<b>0.701</b>	<b>11631.54</b>		<b>613,704.87 €</b>

Tabla 5. Precio de venta en UK

### 8.2.3. CONCLUSIONES

El resultado es que el precio de venta total de la instalación en el Reino Unido es superior al que se ha obtenido en el mercado español que ha sido de 595267.10€ frente a los 613704.87€.

Con estos datos se puede observar que la localización de un proyecto con la misma producción de energía conlleva un aumento o descenso del precio de venta total.

Se puede afirmar que el mercado de Reino Unido tiene unos precios más altos durante el transcurso del año, pero como contra parte para producir la misma energía que la que se produce en España es necesaria una mayor inversión inicial que superará con crecer la poca diferencia de beneficios que existe. Esto es debido a que la irradiación en Reino Unido es inferior a la que existe en España. Con el aumento de elementos eléctricos que sería requerido y el gran aumento de coste que conllevaría la instalación en España aun teniendo un precio de venta inferior tendrá una rentabilidad final mayor.

### 8.3. VIABILIDAD DEL PROYECTO

En este apartado se va a comprobar la viabilidad del proyecto teniendo en cuenta el beneficio que se obtendrá año tras año durante los 25 años de diseño.

Se tendrá en cuenta el beneficio por la venta de la energía, la pérdida de rendimiento de los paneles solares y las pérdidas que se tienen en los diversos meses.

El beneficio de la venta de la energía es:

	16590 paneles	Precio/MWh	Precio venta
Enero	735560510.8	71.49	52585.22
Febrero	864999172.8	51.74	44755.06
Marzo	1038884433	43.19	44869.42
Abril	1011098593	43.69	44174.90
Mayo	1110069122	47.11	52295.36
Junio	1128259791	50.22	56661.21
Julio	1217810480	48.63	59222.12
Agosto	1177002016	47.46	55860.52
Septiembre	1020430766	49.15	50154.17
Octubre	928469265.2	56.77	52709.20
Noviembre	739447502.5	59.19	43767.90
Diciembre	659510365.6	57.94	38212.03
		<b>Total €</b>	<b>595267.10</b>

Tabla 6. Precio de venta anual

La pérdida de rendimiento en los paneles es la siguiente:

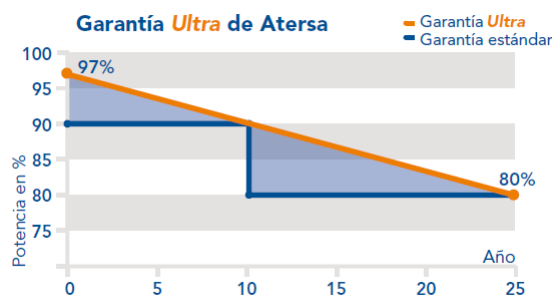


Figura 30. Pérdida de rendimiento en los paneles. Fuente: [www.schneider-electric.com](http://www.schneider-electric.com)

Las pérdidas por funcionamiento (ver anexo 12) que se tienen en nuestra instalación son las siguientes:

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
8.6%	8.6%	9.1%	10.2%	11.7%	13.7%	14.7%	14.7%	13.5%	12.0%	9.2%	8.5%

Tabla 7. Pérdida de rendimiento de funcionamiento mes a mes

El beneficio anual restando las pérdidas de funcionamiento a la energía generada es:

	16590 paneles	Precio/MWh	Precio de Venta
Enero	671996948	71.49	48041
Febrero	790530875	51.74	40902
Marzo	944315500	43.19	40785
Abril	908127139	43.69	39676
Mayo	979679570	47.11	46153
Junio	974076546	50.22	48918
Julio	1038640966	48.63	50509
Agosto	1003949623	47.46	47647
Septiembre	882989600	49.15	43399
Octubre	817399149	56.77	46404
Noviembre	671673516	59.19	39756
Diciembre	603451985	57.94	34964
		<b>Total €:</b>	<b>527155</b>

Tabla 8. Precio de venta descontando las pérdidas

Con estos datos de beneficio aún es necesario disminuir año tras año este beneficio pues no se están contabilizando las pérdidas de rendimientos de los paneles fotovoltaicos. Dejando unos beneficios finales:

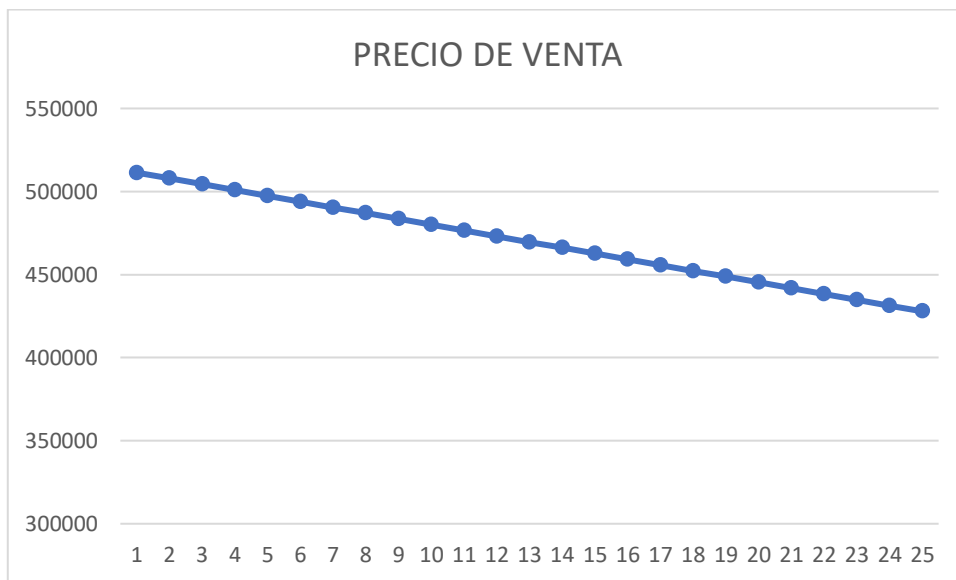


Tabla 9. Precio de venta real

Siendo 8088333 € el coste de nuestra instalación (ver Presupuesto) se conseguirá cubrir ese coste en 17 años donde se obtendría al final del año un beneficio acumulado de 8219893€.

Con todos estos datos se va a calcular el VAN y el TIR de esta inversión.

Con el VAN obtendremos el valor de nuestra inversión referida al momento de inicio.

Con el TIR se obtendrá la rentabilidad de nuestro proyecto que tendrá que ser alta para minimizar el riesgo.

INVERSIÓN INICIAL	8,088,333 €	
AÑO	PRECIO DE VENTA	VALOR ACUMULADO
1	511,340 €	511,340 €
2	507,863 €	1,019,203 €
3	504,386 €	1,523,589 €
4	500,909 €	2,024,497 €
5	497,432 €	2,521,929 €
6	493,954 €	3,015,883 €
7	490,477 €	3,506,361 €
8	487,000 €	3,993,361 €
9	483,523 €	4,476,884 €
10	480,046 €	4,956,930 €
11	476,569 €	5,433,499 €
12	473,092 €	5,906,591 €
13	469,615 €	6,376,205 €
14	466,138 €	6,842,343 €
15	462,660 €	7,305,003 €
16	459,183 €	7,764,186 €
17	455,706 €	8,219,893 €
18	452,229 €	8,672,122 €
19	448,752 €	9,120,874 €
20	445,275 €	9,566,149 €
21	441,798 €	10,007,946 €
22	438,321 €	10,446,267 €
23	434,844 €	10,881,110 €
24	431,366 €	11,312,477 €
25	427,889 €	11,740,366 €
	TIR	4%
	VAN	3,652,033.07 €

Tabla 10. VAN y TIR

Se obtiene que el TIR de nuestra inversión es de un 4%. Para que nuestra inversión sea una opción para el inversor tiene que ser superior a la resta de alternativas del mercado.

En el caso del VAN se obtiene un valor final de 3652033.07€ netos. Un valor que puede resultar aceptable para la inversión en este proyecto.



INVERSIÓN	DURACIÓN	RENTABILIDAD	RIESGO
BONOS DEL ESTADO	3	0.05%	BAJO
	5	0.35%	BAJO
OBLIGACIONES DEL ESTADO	10	1.40%	BAJO
	15	2.35%	BAJO
	30	2.70%	BAJO
	50	3.45%	BAJO
FONDO NARANJA ING	1	1.47%	BAJO-MEDIO
FONDO BBVA	1	0.93%	BAJO-MEDIO
FONDO BBVA	1	3.62%	MEDIO
INSTALACIÓN SOLAR	25	4%	MEDIO-ALTO
FONDO NARANJA DINÁMICO ING	1	4.04%	ALTO
FONDO SANTANDER VARIABLE	1	5.55%	ALTO

Tabla 11. Análisis diferentes inversiones. Fuente: bbva.es, bancosantander.es, ing.es y tesoro.es

Con la obtención de inversiones en diferentes fondos se puede apreciar que la inversión en nuestro proyecto entra dentro del margen de una inversión con riesgo medio-alto.

El tiempo de inversión es muy elevado por este motivo el riesgo de obtener un beneficio final es superior al que realmente se podría suponer. Esto es debido a que en la duración del proyecto pueden ocurrir problemas o fallos que nos podrían hacer que nuestro proyecto tuviera que tener una gran reparación. La zona donde se ha instalado tiene unas condiciones ambientales y de clima que hacen muy improbable que durante estos 25 años se pueda tener ningún fallo apreciable por problemas externos.

Los diversos fondos analizados del mismo rango de riesgo tienen una variabilidad en los beneficios anuales muy dispar entre años.

La instalación fotovoltaica tiene un TIR constante durante los 25 años en los que se ha previsto su duración de funcionamiento sin ninguna gran inversión para su mantenimiento.

Este TIR del 4% puede ser aumentado ya que los precios que se han calculado son sin ninguna negociación para su reducción con el suministrador. Se ha intentado que la amplia mayoría de componentes sean de la misma empresa para poder negociar una reducción del precio de venta ya que muchos elementos serán suministrados en grandes cantidades.

Con lo anteriormente detallado se puede estimar que el TIR puede aumentar a valores cercanos al 7-8% por el motivo anterior y porque el mercado donde vamos a vender la energía generada es un mercado que año tras año está aumentando los precios de venta y haciendo que el beneficio sea superior al que se ha calculado.

Con todo esto se puede afirmar que el proyecto tiene una viabilidad dentro de los márgenes de inversión favorables.

Aún con todos estos datos favorables una inversión que se necesitan 17 años para recuperar la inversión inicial, con un riesgo medio-alto, hace que otras inversiones como las obligaciones del

estado, a 15 años o a 50 años, sean una inversión económicamente más viable porque conllevan un riesgo bajo y beneficio seguro.

Para hacer una inversión más favorable habría que conseguir que el TIR aumentará mucho más y se intentara reducir costes para obtener que la recuperación de la inversión sea en un menor tiempo.

## 9. CONCLUSIONES

La conclusión que se puede obtener tras el cálculo de este proyecto es que las instalaciones fotovoltaicas son una realidad viable hoy en día.

El mercado está haciendo que los costes de este tipo de instalaciones decrezcan a un ritmo muy acelerado y en contrapartida se puede observar cómo los precios de la energía es España o en el caso que se ha estudiado en este proyecto en Reino Unido están al alza de forma constante. Luego el beneficio año tras año será aún más rentable.

El TIR calculado en el análisis económico del proyecto nos indica un 4%. Este valor puede ser aumentado pues en el apartado de costes no se han incluido los descuentos en los materiales por las grandes cantidades que se van a comprar. Por este motivo se ha intentado elegir todos los productos que ofertará el fabricante **SCHNEIDER** para poder conseguir un mejor precio en el conjunto y así mejorar un posible descuento hacia nuestro proyecto.

Por ello, se posiciona en un futuro mercado al alza la producción de energía en instalaciones fotovoltaicas ya que, actualmente es un mercado que se encuentra en expansión.

Para poder hacer que este tipo de instalación tengan su implantación en nuestro país y sean una inversión a valorar se tiene que conseguir abaratar costes y incentivar desde el estado políticas que bonifiquen los costes y el mantenimiento de las instalaciones. Porque como se puede ver existen otras inversiones actualmente con una rentabilidad algo menor, pero con un riesgo bajo que pueden hacer que los inversores no lleven hacia delante proyectos de instalaciones fotovoltaicas.



# ANEXO

# ANEXO

## 1. INCLINACIÓN ÓPTIMA

MES	DIA	DECLINACIÓN	ALTURA SOLAR	INCLINACIÓN
Enero	15	-21.269	29.533	60.467
Febrero	46	-13.289	37.513	52.487
Marzo	74	-2.819	47.983	42.017
Abril	105	9.415	60.217	29.783
Mayo	135	18.792	69.594	20.406
Junio	166	23.314	74.116	15.884
Julio	196	21.517	72.319	17.681
Agosto	227	13.784	64.586	25.414
Septiembre	258	2.217	53.019	36.981
Octubre	288	-9.599	41.203	48.797
Noviembre	319	-19.148	31.654	58.346
Diciembre	349	-23.335	27.467	62.533
Latitud	39.198	Promedio de la inclinación de las placas:		39.233

Tabla 12. Inclinación óptima

Para conseguir la inclinación óptima para los paneles fotovoltaicos se calcula un día genérico en cada mes del año. Se elige el día 15 de cada mes para obtener todos los datos de estos cálculos.

A continuación, se calcula para ese día la declinación del plano que forma la tierra y el sol respecto al plano ecuatorial.

$$Declinación = 23.45^\circ * \text{sen}\left[\frac{360}{365} * (n + 284)\right] \text{ (Ec. 7)}$$

A partir de este dato se calcula la altura solar respecto a la latitud de nuestra parcela.

$$Altura Solar = 90^\circ - Latitud + Declinación \text{ (Ec. 8)}$$

Finalmente, con la altura solar calculamos la inclinación que debería tener la placa solar en ese día del año para obtener una incidencia directa de la irradiación solar.

$$Inclinación = 90^\circ - Altura Solar \text{ (Ec. 9)}$$

## 2. PANEL SOLAR

Primeramente, se ha valorado que todos los paneles sean de potencias más elevadas de 300 Wp y tras esta primera preselección se dispone a comparar los siguientes modelos:

Fabricante	Modelo	Rendimiento	Precio	Wp	€/Wp	Unidades	Precio total	M2
Csun	CSUN320-72P	16.52%	231.36	320	0.723	15625	3615000	30469
Csun	CSUN315-72P	16.27%	216.28	315	0.68660317	15873	3433016	30952
Csun	CSUN310-72P	16.01%	209.08	310	0.67445161	16129	3372258	31452
Csun	CSUN305-72P	15.75%	206.35	305	0.67655738	16393	3382787	31967
Csun	CSUN300-72P	15.49%	201.4	300	0.67133333	16667	3356667	32500
Atersa	A-305P	15.68%	198.37	305	0.65039344	16393	3251967	31967
Atersa	A-310P	15.94%	201.62	310	0.65038710	16129	3251935	31452
Atersa	A-315P	16.19%	199.87	315	0.63450794	15873	3172540	30952
Atersa	A-320P	16.45%	203.04	320	0.63450000	15625	3172500	30469
Atersa	A-325P	16.71%	206.22	325	0.63452308	15385	3172615	30000
JinKO	JKM325PP-72	16.75%	227.23	325	0.69916923	15385	3495846	30000
GM	LGC - 320Wp	16%	203.3	320	0.6353125	15625	3176563	30469
GM	LGC - 310Wp	15.80%	198.34	310	0.63980645	16129	3199032	31452

Tabla 13. Comparativa de modelos de panel fotovoltaico. Fuente: Atersa.es, csun-solar.com, jinkosolar.com y fotovoltaicagm.es

Para la elección del modelo de panel se ha buscado obtener las características más eficientes para maximizar el beneficio final.

En la tabla se han remarcado las características más eficientes de cada categoría que se ha comparado.

Se obtenido como resultado que el fabricante **Atersa** con el modelo **A-325P** obtiene en todas las características buenos resultados tanto en el factor económico como en un número reducido en comparación a los demás en el espacio necesario y en el número de unidades.

## 3. IRRADIACIÓN SOLAR

Mediante el uso de la web **PVGIS** se analizan los datos de irradiación solar en nuestra localización en tres casos:

- Eje fijo.
- Ángulo variable un eje.
- Ángulo variable dos ejes.

A continuación, se va a calcular la irradiación y energía para el estudio del rendimiento para poder maximizar el W/m2.

### 3.1. COMPARATIVA DIFERENTES GRADOS DE LIBERTAD

Tras el análisis de las 3 formas de movimiento posible de los paneles solares y la energía obtenida en cada caso se obtiene las siguientes tablas de irradiación y de energía solar.

	Eje fijo	Un eje	Dos ejes	
Enero	44338	48008	55218	
Febrero	52140	53966	65110	
Marzo	62621	62700	79267	
Abril	60946	62033	82235	
Mayo	66912	71877	96570	
Junio	68008	76191	102997	
Julio	73406	80730	109688	
Agosto	70946	73504	98092	
Septiembre	61509	61539	79407	
Octubre	55966	56919	70156	
Noviembre	44572	47530	55475	
Diciembre	39753	43598	49297	
Total 1 panel	701118	738595	943511	Wh
Total 15385 paneles	10786695235	11363277487	14515916970	Wh
	10787	11363	14516	MWh

Tabla 14. Resumen tablas. Fuente: [re.jrc.ec.europa.eu/pvgis](http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis) y [Atersa.es](http://Atersa.es)

Se puede observar que cuantos más rangos de libertad más energía se puede obtener.

Aunque se obtenga más energía cuando más ejes puedan rotar, esto tiene una desventaja porque la estructura es más costosa en mantenimiento y precio. Más compleja que conlleva más fallos y un uso del espacio mayor pues las sombras son mayores cuando más grados de libertad se tiene.

El número de placas en todos los casos es el mismo y se ha calculado con el número de placas teórico para la obtención de 5 MW, pero el espacio usado en cada caso es diferente.

Este espacio puede imposibilitarnos que se pueda poner la instalación en nuestra parcela o que la energía por metro cuadro sea inferior reduciendo nuestro rendimiento y limitando futuras expansiones.

Por este motivo estos datos obtenidos en la comparativa de la tabla nos pueden llevar a una elección errónea.

A continuación, se calcularán las sombras para obtener el espacio real usado por cada caso que se ha comparado y posteriormente la eficiencia energética obtenida.

#### 4. ESTRUCTURA

Se ha comparado varios modelos de estructuras buscando el precio más competitivo para la estructura de nuestro proyecto. Se ha intentado buscar una estructura a dos niveles, pero la diferencia de precio es superior que en un único nivel.

MARCA	MODELO	MÓDULOS	PRECIO	PRECIO POR MÓDULO
LIDERSOLAR	XH-190M	21	1,262.96 €	60.14 €
SUNFER	FV925	14	953.48 €	68.11 €
SUNFER	CV915	14	533.61 €	38.12 €

Tabla 15. Comparativa de estructuras

Por ello, se ha elegido el modelo **CVA915** de **SUNFER**. Se necesitarán 3 módulos de 14 para completar 2 Strings de 21 paneles en serie. La instalación cuenta con 79 Strings por cada bloque con un total de 10 bloques.

$$\text{Estructuras} = 79 * 2 * 5 = 790 \text{ (Ec. 10)}$$

#### 5. SOMBRA

En este apartado se busca calcular las distancias entre los paneles solares para que no se generen sombras y así las pérdidas por sombras sean cercanas al 0%.

Se calcula la instalación en el caso más desfavorable. Este caso es en el mes de diciembre donde la altura solar es la menor de todas las estudiadas según nuestra localización.

En la imagen se pueden observar dos paneles solares de perfil. Siendo P el espacio que ocupa el panel y S la distancia que hay que dejar porque en ella habrá sombra.

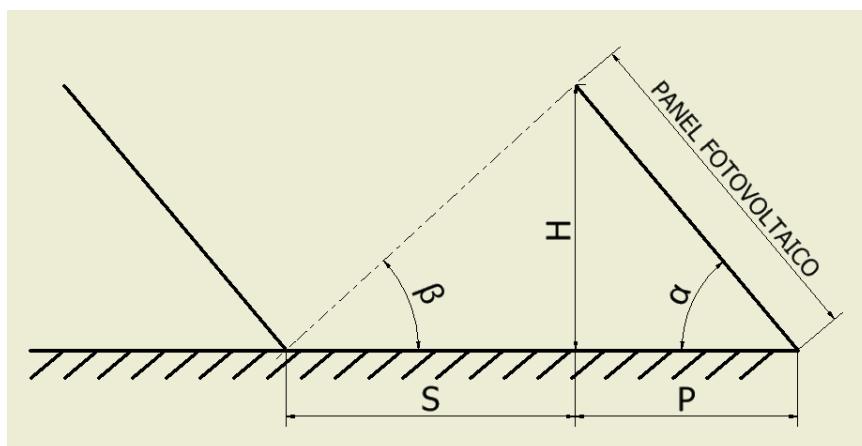


Figura 31. Sombra

### 5.1. ÁNGULO FIJO

En este apartado se va a calcular si la instalación tiene una estructura fija. En este caso la sombra es como se indicaba anteriormente mayor en el mes de diciembre y por tanto se calcularán las sombras para este caso que será el más desfavorable.

$$\alpha = 39.23^\circ \text{ (Ec. 11)}$$

$$\beta = 27.47^\circ \text{ (Ec. 12)}$$

$$P = 1.965 * \cos(\alpha) = 1.6 \text{ m (Ec. 13)}$$

$$H = 1.965 * \text{sen}(\alpha) = 1.135 \text{ m (Ec. 14)}$$

$$S = \frac{H}{\tan(\beta)} = 2.385 \text{ m (Ec.15)}$$

$$T = P + S = 3.905 \text{ m (Ec. 16)}$$

### 5.2. ÁNGULO VARIABLE UN EJE

En este apartado la estructura ya no es fija si no puede inclinarse y por tanto el ángulo de la placa no es constante.

Según el anexo 1 se puede observar que la placa tiene un ángulo mayor en el mes de diciembre. Por tanto, se va a calcular en este caso pues la sombra en este mes es la más desfavorable.

$$\alpha = 62.53^\circ \text{ (Ec. 17)}$$

$$\beta = 27.47^\circ \text{ (Ec. 18)}$$

$$P = 1.965 * \cos(\alpha) = 0.91 \text{ m (Ec. 19)}$$

$$H = 1.965 * \text{sen}(\alpha) = 1.75 \text{ m (Ec. 20)}$$

$$S = \frac{H}{\tan(\beta)} = 3.35 \text{ m (Ec. 21)}$$

$$T = P + S = 4.26 \text{ m (Ec. 22)}$$

### 5.3. ÁNGULO VARIABLE DOS EJES

En este caso que es el más complejo se da movilidad de giro tanto en el eje horizontal como el vertical.



Entonces no solo hay que calcular la sombra que se genera detrás, sino también, todas las que se producirán durante el día.

Suponiendo un conjunto de 32 placas a dos niveles y una rotación de 180° como máximo. Se obtiene un radio de giro de 10.185m. Siendo este en el peor de los casos en diciembre donde la altura solar es inferior que en el resto del año se obtiene un área mínima necesaria de 325.9m<sup>2</sup>.

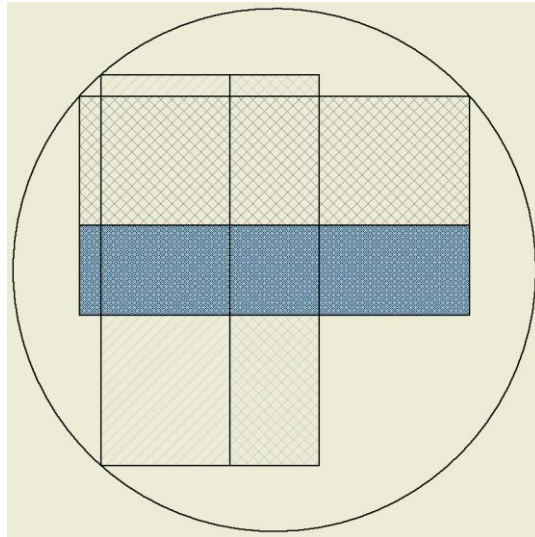


Figura 32. Sombra dos ejes

#### 5.4. ÁREA POR PANEL

A continuación, se va a calcular en cada caso el área de terreno que se necesita por placa para que entre las placas no se creen sombras.

Esto se consigue en el caso de ángulo fijo y a un eje multiplicando por el ancho de la placa.

En el caso de dos ejes se obtiene dividiendo el área calculada en el apartado anterior entre el número total de placas en la estructura.

$$\text{Ángulo fijo: } A = 3.9 * 1 = 3.9 \text{ m}^2 \text{ (Ec. 23)}$$

$$\text{Ángulo variable un eje: } A = 4.26 * 1 = 4.26 \text{ m}^2 \text{ (Ec. 24)}$$

$$\text{Ángulo variable dos ejes: } A = \frac{325.9 * 1}{32} = 10.184 \text{ m}^2 \text{ (Ec. 25)}$$

### 5.5. ENERGÍA POR PANEL Y M<sup>2</sup>

En este apartado vamos a calcular cuanta potencia nos ofrece cada caso por metro cuadrado.

Para obtener este dato se divide la energía que se obtiene por panel entre el área que ocupa contando el espacio que ocupa el panel más el espacio que se necesita por sombras.

$$\text{Ángulo fijo: } E = \frac{701118}{3.9} = 179773.85 \frac{Wh}{m^2} \text{ (Ec. 26)}$$

$$\text{Ángulo un eje: } E = \frac{738595}{4.26} = 173379.11 \frac{Wh}{m^2} \text{ (Ec. 27)}$$

$$\text{Ángulo dos ejes: } E = \frac{943511}{10.184} = 92643 \frac{Wh}{m^2} \text{ (Ec. 28)}$$

Tras el cálculo de la energía obtenida por metro cuadrado tenemos como resultado que con el ángulo fijo es superior que con los otros sistemas propuestos. El mantenimiento y el valor del material para el montaje de ángulo fijo también es inferior a los otros casos haciendo más viable este método por el criterio energético.

### 6. INVERSOR

En este apartado se van a comparar diversos modelos de inversores. Se busca que la potencia máxima sea cercana a los 500 KW, que soporte tensiones de 1000 V, que su corriente máxima sea superior a la de los conductores y con un rendimiento elevado.

MARCA	SUNNY CENTRAL	SUNNY CENTRAL	ABB	ABB	SCHNEIDER	SCHNEIDER
MODELO	500CP XT	630CP XT	PVS800-57-0500KW-A	PVS800-57-0630KW-B	XC 540	XC 630
POTENCIA MÁX	560 KW	713 KW	600 KW	700 KW	540 KW	630 KW
TENSIÓN CC MÁX ENTRADA	1000 V	1000 V	1100 V	1100 V	1000 V	1000 V
TENSIÓN CA MÁX SALIDA	270 V	315 V	300 V	350 V	300 V	350 V
CORRIENTE CC MÁX ENTRADA	1250 A	1350 A	1145 A	1230 A	1280 A	1280 A
CORRIENTE CA MÁX SALIDA	1238 A	1350 A	965 A	1040 A	1040 A	1040 A
RENDIMIENTO MÁX	98.60%	98.70%	98.60%	98.60%	99%	98.90%

Tabla 16. Comparativa de inversores

Tras la comparación de los diversos modelos que más se ajustan a los 500 KW que se han marcado como característica de diseño se ha escogido el modelo de SCHNEIDER XC 540. Este modelo tiene un rendimiento máximo superior a los demás estudiados y su potencia máxima es 540 KW similar a la potencia buscada.

Con esto se calcula que con una tensión máxima de 1000V y con el modelo de placa que su tensión en circuito abierto es 46.68 V se obtienen 21.41 placas.

$$Paneles\ en\ serie = \frac{1000}{46.68} = 21.41 \text{ (Ec. 29)}$$

Se redondea a 21 placas que se unirán en serie, 980.28 V en circuito abierto.

El voltaje máximo en condiciones normales será 798.48V. Dejando una potencia por String 6.825 KW.

Las características que recoge un String, 21 paneles en serie son la siguientes:

	Icc	In	Vca	Vn	POTENCIA
1 STRING	8.98 A	8.58 A	980.28 V	795.28 V	6.825 KW
Icc= Intensidad en cortocircuito; In= Intensidad nominal					
Vca= Tensión en circuito abierto; Vn= Tensión nominal					

Tabla 17. Características un String

Con la potencia por String obtenida y la potencia máxima del inversor de 540 KW se calculan 79.12 Strings en paralelo. Se redondea a 79 Strings.

$$Paralelo = \frac{540000}{6.825} = 79.12 \text{ Strings (Ec. 30)}$$

Con este dato se calcula la corriente y tensión máxima que se tendrá a la entra del inversor.

	Icc	In	Vca	Vn	POTENCIA
INVERSOR	709.42 A	677.82 A	980.28 V	795.48 V	539.17 KW
Icc= Intensidad en cortocircuito; In= Intensidad nominal					
Vca= Tensión en circuito abierto; Vn= Tensión nominal					

Tabla 18. Características String

Con el dato de los 79 Strings se obtiene que un bloque constara de:

$$Paneles = 79 * 21 = 1659 \text{ (Ec. 31)}$$

$$Total\ de\ paneles = 1659 * 10 = 16590 \text{ (Ec. 32)}$$

Con esto se obtiene que el total de la instalación constará de 16590 paneles entre los 10 bloques. La potencia total instalada es 5.39 MW.

## 7. CUADRO DE CONEXIONES

En este apartado se va a comprobar dentro del catálogo de SCHNEIDER que cuadros se pueden escoger para completar los dos niveles de cuadros que tiene nuestra instalación.

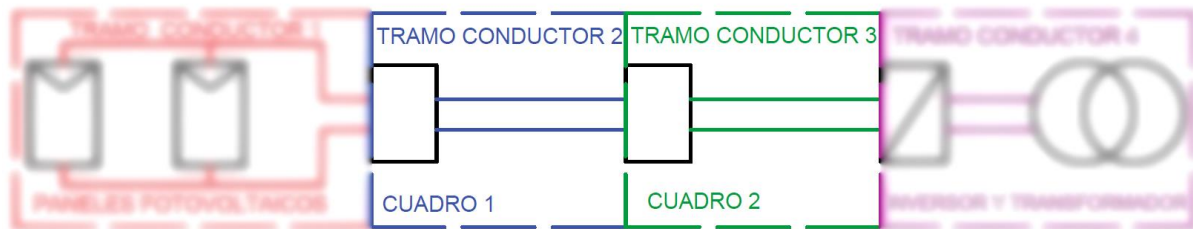


Figura 33. Cuadro de conexiones

### 7.1. CUADRO PRIMER NIVEL

En el cuadro de primer nivel se tienen que recoger los 79 Strings que tienen una corriente máxima de 8.98 A. Por este motivo los cuadros que se van a comparar son los siguientes:

Device short name	AB08-160	AB16-160	AB16-300	AB24-300
<b>Electrical specifications</b>				
<b>DC input</b>				
Number of inputs	8	16	16	24
Max. voltage in open circuit	1000 Vdc	1000 Vdc	1000 Vdc	1000 Vdc
Max. input current in short circuit	25 A	25 A	25 A	25 A
Max. input current in short circuit at STC	20 A	20 A	20 A	20 A
<b>DC output</b>				
<b>Max. output current in short circuit</b>				
Ambient temperature < 40°C	200 A	200 A	375 A	375 A
Ambient temperature < 45°C	180 A	200 A	350 A	350 A
Ambient temperature < 50°C	160 A	200 A	315 A	315 A

Tabla 19. Cuadro primer nivel. Fuente: [www.schneider-electric.com](http://www.schneider-electric.com)

Tras la elección del inversor se ha calculado que cada inversor puede tomar la potencia de 79 Strings. Con este último dato se ha descartado el modelo de 8 conexiones por el gran número de cuadros que serían necesarios. Dejando disponible para esta primera etapa los modelos de 16 y 24 conexiones.

Previamente se comprueba que los cuadros que se van a comparar cumplen las características técnicas de diseño.

Todos los cuadros admiten 1000V máximo y la intensidad máxima de entrada. Tras elegir el modelo se calculará que cumpla con la intensidad máxima admisible a la salida.

Los cuadros necesarios según el número de conexiones y se comprueba según el número obtenido los Strings máximos que puede admitir.

Para obtener el número de cuadros necesarios se divide los 79 Strings entre el número de conexiones y se busca el valor superior e inferior para ver que combinación de cuadros nos deja más cerca de las 79 conexiones buscadas.

$$\frac{79}{24} = 3.29 \rightarrow 3 * 24 = 72 \text{ Strings (Ec. 33)}$$

$$4 * 24 = 96 \text{ Strings (Ec. 34)}$$

$$\frac{79}{16} = 4.9375 \rightarrow 4 * 16 = 64 \text{ Strings (Ec. 35)}$$

$$5 * 16 = 80 \text{ Strings (Ec. 36)}$$

Con este cálculo se obtiene que dada la proximidad del modelo de 16 conexiones al número de diseño y pudiendo dejar una conexión sin conectar, se decide elegir este modelo.

Ahora hay que comprobar el criterio anteriormente mencionado de intensidad máxima admisible.

De este modo se calcula la corriente y voltaje máximos que se obtendrían con 16 y 15 Strings en paralelo.

	I <sub>cc</sub>	I <sub>n</sub>	V <sub>ca</sub>	V <sub>n</sub>	POTENCIA
CAJA 16	143.68 A	137.28 A	980.28 V	795.48 V	109.2 KW
CAJA 15	134.7 A	128.7 A	980.28 V	795.48 V	102.375 KW
INVERSOR	709.42 A	677.82 A	980.28 V	795.48 V	539.17 KW
I <sub>cc</sub> = Intensidad en cortocircuito; I <sub>n</sub> = Intensidad nominal					
V <sub>ca</sub> = Tensión en circuito abierto; V <sub>n</sub> = Tensión nominal					

Tabla 20. Características cuadro e inversor

El modelo **AB16-160** cumple con las especificaciones respecto a la corriente de cortocircuito y el inversor puede recibir una potencia similar a 540 KW máximos dejando un sistema diseñado casi a máxima potencia.

La intensidad de salida del cuadro de primer nivel es inferior a la máxima que puede por características soportar. De este modo el cuadro cumple con las características.

## 7.2. CUADRO SEGUNDO NIVEL

En el cuadro de segundo nivel se van a conectar las 5 conexiones provenientes de los 5 cuadros de primer nivel.

De esta forma se obtendrá finalmente una única salida que ira directa al inversor.

Device short name	DC06B Protect	DC06B Monitored	DC10B Protect	DC10B Monitored
<b>Electrical specifications</b>				
<b>Input (DC)</b>				
Number of inputs	6	6	10	10
Max. voltage in open circuit	1000 V	1000 V	1000 V	1000 V
Max. input current in short circuit	375 A	375 A	200 A	200 A
Max. input current in short circuit @ STC	300 A	300 A	160 A	160 A
<b>Output (DC)</b>				
Max. output current in short circuit	2000 A	2000 A	2000 A	2000 A
Max. output current in short circuit @ SCT	1600 A	1600 A	1600 A	1600 A
Max. output current in operation	1280 A	1280 A	1280 A	1280 A
Max. thermal dissipation in operation @ 1280A <sup>0</sup>	250 W	300 W	250 W	300 W

Tabla 21. Características cuadro segundo nivel

Como en el caso anterior se ha comparado los siguientes modelos de cuadros de conexiones de la marca **SCHNEIDER**. Se elige el modelo **DC06B PROTECT**.

Este modelo de cuadro admite 1000 V de corriente continua y se va a comprobar si puede cumple con la corriente máxima de cada conexión que es en este caso 143.68 A. El cuadro soporta 375 A por lo tanto cumple ampliamente con el requisito.

## 8. TRANSFORMADOR

El transformador elegido es de la marca SCHNEIDER para mantener la sinergia del catálogo de esta marca dentro de su parte dedicada a energía fotovoltaica. El modelo elegido ha sido MINERA PV1080.

TRANSFORMADOR	
MINERA PV-1080	
POTENCIA	1080 KVA
TENSIÓN ENTRADA FASE FASE	2x300 V
TENSIÓN SALIDA	36000 V
TENSIÓN DE CORTOCIRCUITO	6%

Tabla 22. Características transformador. Fuente: [www.schneider-electric.com](http://www.schneider-electric.com)

A continuación, se va a calcular cuántos inversores se pueden conectar al transformador.

$$\text{Inversores} = \frac{1080}{540} = 2 \text{ inversores (Ec. 37)}$$

Siendo este el caso y el transformador admitiendo dos entradas se pueden unir dos bloques a cada transformador.

La potencia total máxima real será:

$$\text{Potencia} = 539.17 * 2 = 1078.34 \text{ KW (Ec. 38)}$$

Con esta potencia por transformador calculamos que serán necesario 5 transformadores para obtener la potencia total de la instalación.

$$\text{Potencia total} = 1078.34 * 5 = 5391.7 \text{ KW (Ec. 39)}$$

Dejando 5.39 MW de potencia máxima.

## 9. DIMENSIONAMIENTO DE LOS CONDUCTORES

En este apartado se va a calcular según la normativa la sección de los conductores en 4 tramos que forman la instalación.

Se calculará para que se cumplan los requisitos de seguridad, de criterio térmico y de pérdidas por caída de tensión.

### 9.1. CRITERIO R.E.B.T ITC-BT40

Se aumentan las intensidades un 25% para cumplir con la normativa de diseño de la sección de los cables en baja tensión y corriente continua.

### 9.2. CRITERIO TÉRMICO

Se usará para el transporte de los cables bandejas con rejillas. El método de cálculo para este tipo de distribución de los cables es un método F.

Para calcular el factor de corrección por agrupamiento se usa la tabla 52-E1 del REBT. En nuestro caso tomamos el punto 4, capa única sobre bandeja perforada.

Tras un estudio de la temperatura máxima en los últimos 10 años se obtiene 35.78°C. Con este dato tomamos como temperatura para el dimensionamiento 40°C para estar del lado de la seguridad.

Para calcular el factor de corrección para temperatura ambiente diferente de 30°C se usa la tabla 52-D1 del REBT. EN nuestro caso se dimensiona con 40°C y el valor de Kt es 0.91.

En la siguiente grafica se puede observar la evolución de la temperatura en Algemésí en el último año.

En la localización de la parcela la temperatura no excede los limites admitidos del panel.

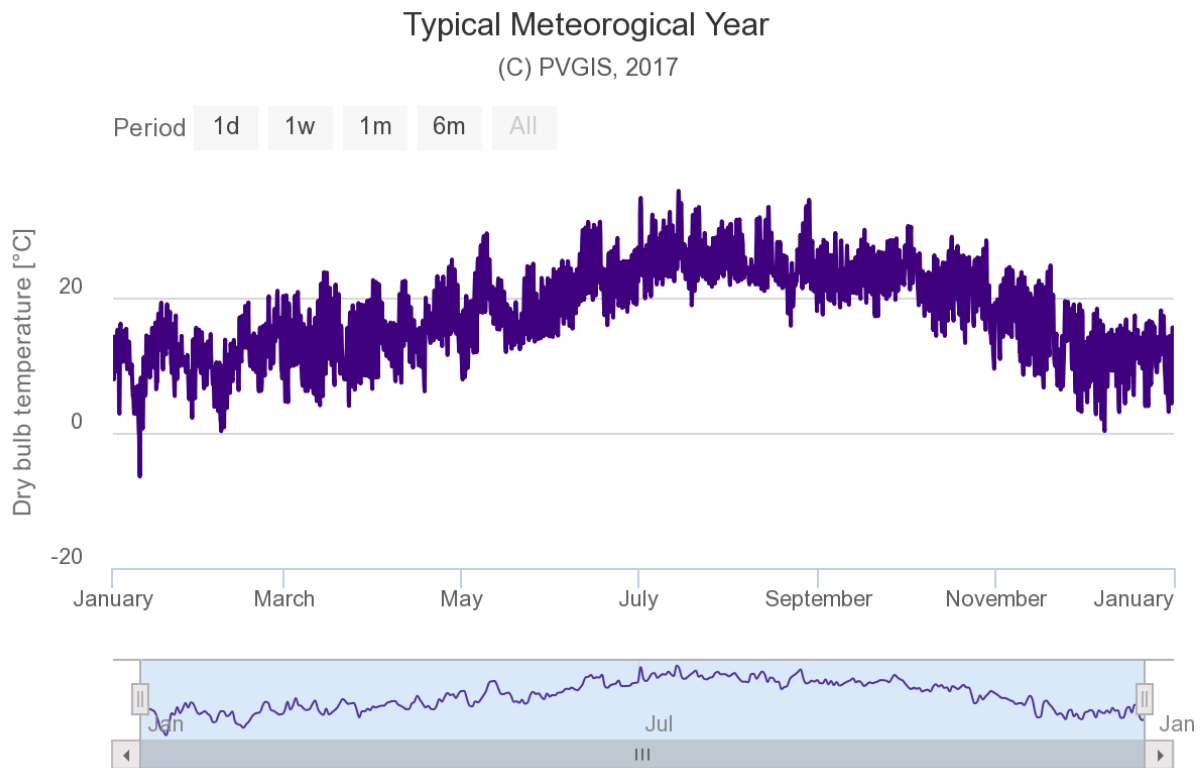


Figura 34. Temperatura localización 2017. Fuente: <http://re.jrc.ec.europa.eu>

Para calcular la sección del cable una vez calculada la intensidad que tiene que soportar se consulta en la tabla que nos ofrece el fabricante cual es la sección óptima.

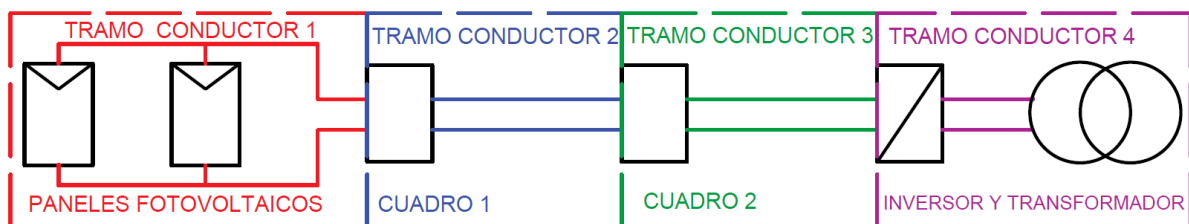


Figura 35. Esquema instalación.

Los cuatro tramos que componen esta instalación estan representados cada uno de un color diferente.



### 9.2.1. PRIMER TRAMO

Este primer tramo se sitúa en la parte generadora de los paneles fotovoltaicos.

Primero se va a calcular el factor de temperatura a 40°C usando usa la tabla 52-D1 del REBT.

$$Kt(40) = 0.91$$

El cuadro tendrá 8 conexiones desde la parte superior y 8 conexiones de la parte inferior siendo esta simétrica en su posicionalmente del bloque.

Para el valor de del factor de agrupamiento se usa la tabla 52-E1 del REBT.

$$K = 0.72$$

A continuación, se calcula la corriente que circulará por el conductor.

$$I = \frac{In*1.25}{k*kt} \quad (Ec. 40)$$

$$I = \frac{8.98*1.25}{0.72*0.91} = 17.13 \text{ A} \quad (Ec.41)$$

La sección obtenida para esta corriente es 1.5 mm<sup>2</sup>. La sección final es de 4 mm<sup>2</sup> que es la mínima que aceptan las placas.

### 9.2.2. SEGUNDO TRAMO

En este segundo tramo se encuentra en la unión del cuadro de primer nivel y del cuadro de segundo nivel.

El cuadro de segundo nivel recibe 5 conexiones.

Para el valor de del factor de agrupamiento se usa la tabla 52-E1 del REBT.

$$K = 0.75$$

A continuación, se calcula la corriente que circulará por el conductor.

$$I = \frac{143.38*1.25}{0.75*0.91} = 263.15 \text{ A} \quad (Ec. 42)$$

La sección obtenida del conductor según él fabricante es de 70 mm<sup>2</sup>.

### 9.2.3. TERCER TRAMO

En este tramo se conecta el cuadro de segundo nivel con el inversor.

Para el valor de del factor de agrupamiento se usa la tabla 52-E1 del REBT.

$$K = 0.88$$

A continuación, se calcula la corriente que circulará por el conductor.

$$I = \frac{709.42 \cdot 1.25}{0.91 \cdot 0.88} = 1107.36 \text{ A (Ec. 43)}$$

La sección obtenida es de 2 conductores de 185 mm<sup>2</sup>.

### 9.2.4. CUARTO TRAMO

Este tramo conecta el inversor con el transformador. Este tramo la corriente es trifásica ya que nos encontramos a la salida del inversor.

A continuación, se calcula la corriente que circulará por el conductor.

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{539170}{\sqrt{3} \cdot 400} = 778.22 \text{ A (Ec. 44)}$$

$$I = \frac{778.22 \cdot 1.25}{0.91 \cdot 0.82} = 1303.63 \text{ A (Ec. 45)}$$

La sección obtenida es de 3 conductores de 150 mm<sup>2</sup>.

### 9.3. CRITERIO DE CAIDA DE TENSIÓN

Se pretende limitar la caída de tensión máxima del proyecto a 1.5% del voltaje nominal para cumplir con la normativa. Se toman como datos los siguientes valores:

Resistencia del cobre a 40°C.

$$\rho_{cu}(40) = 0.0186 \Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$$

En el apartado de calculo de la corriente alterna se utilizarán adicionalmente estos valores:

Valor típico de la reactancia en conductores.

$$X = 130 \text{ m}\Omega / \text{km}$$

Se considera un factor de potencia en el caso más desfavorable posible.

$$\text{Cos}(\tau) = 0.9$$

### 9.3.1. TRAMO 1

En este tramo se calcula desde el String hasta el cuadro de primer nivel.

La caída de tensión en este tramo considerando las secciones calculadas en el criterio térmico es la siguiente.

$$\Delta V = I * \rho * \frac{Long}{Sección} = 8.98 * 0.0186 * \frac{(21+4*3.9)*2}{4} = 3.05 V \text{ (Ec. 46)}$$

Al ser corriente continua hay que contar la longitud de ida y de vuelta del conductor.

El valor obtenido en este caso es 3.05 V como caída de tensión.

### 9.3.2. TRAMO 2

En este tramo se calcula desde el cuadro de primer nivel hasta el cuadro de segundo nivel.

$$\Delta V = I * \rho * \frac{Long}{Sección} = 143.68 * 0.0186 * \frac{(3.9*16+\frac{21}{2})*2}{70} = 5.56 V \text{ (Ec. 47)}$$

Como en el caso anterior la longitud del conductor se calcula con la ida y vuelta

El valor obtenido es 5.56 V como caída de tensión.

### 9.3.3. TRAMO 3

En este tramo se calcula desde el cuadro de segundo nivel hasta el inversor.

$$\Delta V = I * \rho * \frac{Long}{Sección} = 709.42 * 0.0186 * \frac{21}{185*2} = 0.74 V \text{ (Ec. 48)}$$

Como en los casos anteriores la longitud del conductor se calcula con la ida y vuelta

El valor obtenido es 0.74 V como caída de tensión.

### 9.3.4. TRAMO 4

En este tramo se calcula desde el inversor al transformador.

$$\Delta V = \sqrt{3} * I * \left( \rho * \frac{Long}{Sección} \cos(\tau) + X * \frac{Long}{1000} \operatorname{sen}(\tau) \right) =$$

$$\sqrt{3} * 1040 * (0.0186 * \frac{21}{150*3} * 0.9 + 0.13 * \frac{21}{1000} * 0.4358) = 1.77 V \text{ (Ec. 49)}$$

El calor obtenido ha sido de 1.77 V.

En este caso la longitud del conductor es solo de ida.

### 9.3.5. CONCLUSIONES

Se calcula la suma de las caídas de cada uno de los tramos y se comprueba si esta es inferior al 1.5%. Si esto fuera así la instalación tiene las secciones adecuadas para que las pérdidas por caída de tensión estén dentro de la normativa vigente.

$$MÁX \Delta V = 795.48 * 1.5\% = 11.93 V \text{ (Ec. 50)}$$

$$\Delta V = 3.05 + 5.56 + 0.74 + 1.77 = 11.12 V \text{ (Ec. 51)}$$

La caída de tensión es inferior a la caída máxima de tensión, por lo tanto, el diseño de los conductores cumple la normativa vigente.

### 9.3.6. CONDUCTORES DE PROTECCIÓN

CORRELACION ENTRE CONDUCTORES	
ACTIVOS	PROTECCIÓN
$S \leq 16 \text{ mm}^2$	$S_{pro} = S$
$16 \text{ mm}^2 < S \leq 35 \text{ mm}^2$	$S_{pro} = 16 \text{ mm}^2$
$S > 35 \text{ mm}^2$	$S_{pro} = S/2$

Tabla 23. Conductores de protección

Si no existe el valor obtenido después de calcular la sección se tomará el valor superior disponible.

En nuestro caso sería el neutro del tramo 4. La sección sería la mitad quedando  $75 \text{ mm}^2$  al no estar disponible se toma el superior que en nuestro caso es  $95 \text{ mm}^2$ .

## 10. PROTECCIONES

Las protecciones se van a diseñar para proteger ante contactos indirectos, directos y para proteger antes sobreintensidades y sobretensiones.

Las protecciones del esquema IT se han calculado en base del uso de fusibles, de interruptores, vigiladores de aislamiento y seccionadores. Los fusibles se calcularán en base a las intensidades que se han calculado anteriormente.

## 10.1. CUADROS DE PRIMER Y SEGUNDO NIVEL

En el cuadro de primer nivel nos encontraremos los fusibles y la protección contra sobrecorrientes.

### 10.1.1. FUSIBLES

La corriente en cortocircuito para el modelo de placa elegido es 8.98 A, muy similar a su corriente de funcionamiento. Sin embargo, la corriente máxima en inversa es de 15.1 A que debe evitarse. De este modo se escogen fusibles de 10 A y 1000 V. El cuadro nos recomienda incorporar fusibles PV 10x38mm con un poder de corte de 30 KA. El modelo de fusible elegido es **GPV 10X38 10A 1000V** de la marca **DF-SA**.

A continuación, se va a comprobar que el fusible cumple con la protección en corriente inversa.

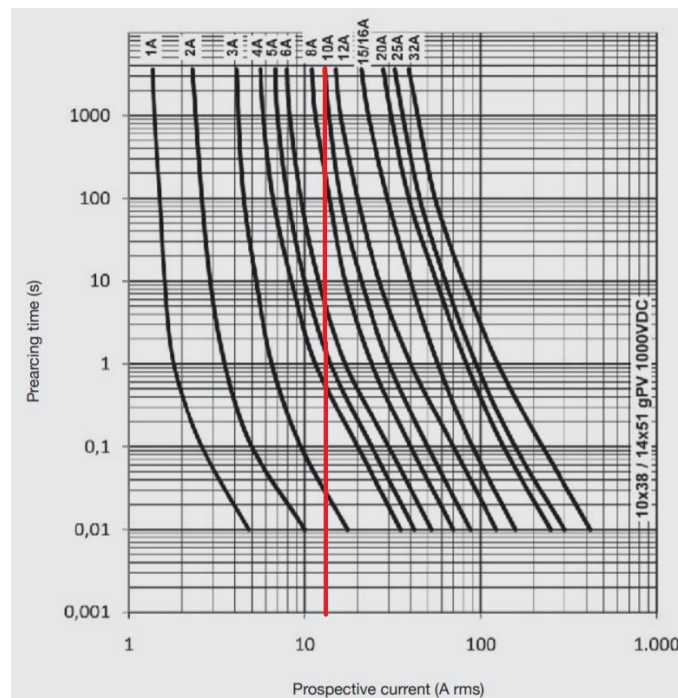


Figura 36. Curva fusión Fusible 10 A. Fuente: [www.df-sa.es](http://www.df-sa.es)

$$I_{\text{fusión}} = 14 \text{ A} < 15.1 \text{ A} = I_{\text{máx, inversa}} \text{ (Ec. 52)}$$

De este modo los Strings quedan protegidos delante de cortocircuitos ya que funde con una corriente inferior a la de corriente inversa.

Posteriormente en el cuadro de segundo nivel se ha optado para su uso fusibles de **GPV NH1 160A 1000V** de la marca **DF-SA**. Este modelo de fusible tiene una corriente de funcionamiento superior a la corriente de cortocircuito que puede aparecer en esta parte del circuito por lo tanto protegerán eficazmente contra corrientes inversas que puedan dañar la instalación.

A continuación, se va a comprobar que el fusible cumple con la protección en corriente inversa, en este caso la corriente inversa al ser superior a la corriente de cortocircuito se pretende cortar cualquier corriente que sea superior a esta pues será una corriente de fallo.

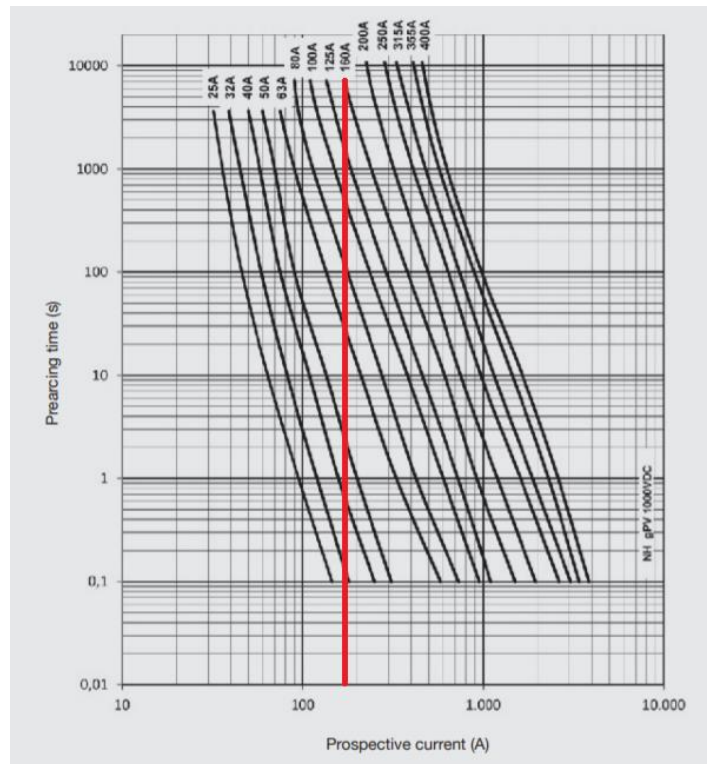


Figura 37. Curva de fusión Fusible 160 A. Fuente: [www.df-sa.es](http://www.df-sa.es)

$$I_{\text{fusión}} = 170 \text{ A} > 143.68 \text{ A} = I_{cc} \text{ (Ec. 53)}$$

### 10.1.2. SOBRETENSIONES

El cuadro elegido incorpora descargadores de intensidad máxima de 40 KA que deja la instalación protegida contra sobretensiones.

### 10.2. SECCIONADOR

El seccionador elegido cumple las características de 1000V y de 1000 A. Se ha elegido el modelo de 1000 A del fabricante SCHNEIDER para estar del lado de la seguridad.

La corriente máxima para elegir este modelo ha sido los 709.42 A de corriente de cortocircuito y se ha tomado como criterio de seguridad aumentar la tensión un 25%. Dejando como resultado 886.78 A que cumple con los requisitos del seccionador escogido.

## 11. CÁLCULO DE PUESTA A TIERRA

Se va a diseñar la puesta a tierra con 2 esquemas. En la primera parte se diseñará un esquema IT y se unirá las masas de baja tensión. Y en la segunda un esquema TT que constara del neutro del transformador y de las masas del centro de transformador.

### 11.1. MASAS DE BAJA TENSIÓN

La función de la puesta a tierra es detectar y limitar los fallos del sistema que se está diseñando.

Se va a diseñar para cada bloque de los 10 que contiene este proyecto. La resistencia total será de  $2\Omega$ .

La resistividad del terreno es de  $150 \Omega \cdot m$  y se usaran picas de 4 metros.

$$R = \frac{\rho}{L} = \frac{150}{4} = 37.5\Omega \text{ (Ec. 54)}$$

$$Ra = \frac{R}{p} < 2\Omega \text{ (Ec. 55)}$$

$$p > 18.75 \text{ picas (Ec. 56)}$$

Finalmente se elige poner 21 picas para la protección de las masas de baja tensión.

### 11.2. NEUTRO DEL TRANSFORMADOR

En esta segunda parte se va a diseñar un sistema TT. La tensión de contacto que se va a calcular tiene que ser menor de 50 V.

La tensión de línea de salida del inversor en la parte de alterna es de 300 V.

$$Vmáx = \frac{Vfn \cdot Ra}{Ra + Rb} = \frac{\frac{300}{\sqrt{3}} \cdot 2}{2 + Rb} < 50 V \text{ (Ec. 57)}$$

$$Rb > 4.93 \Omega \text{ (Ec. 58)}$$

Con esto la resistencia del neutro tiene que ser mayor a  $4.93 \Omega$ .

La siguiente condición es que la corriente diferencial sea mayor que la que se puede detectar para poder detectar el fallo. En este caso de 300 mA.

$$Id * (Ra + Rb) < 50 V \text{ (Ec. 59)}$$

$$0.3 * (2 + Rb) < 50 V \text{ (Ec. 60)}$$

$$Rb < 164.67 \Omega \text{ (Ec. 61)}$$

Con esto se puede concluir que  $R_b$  tiene que ser menor que  $164.67 \Omega$ .

Se ha elegido una  $R_b=20 \Omega$  que cumple todos los requisitos impuestos. Se consigue esta resistencia mediante el uso de picas de igual tamaño de las anteriormente calculadas.

$$R = \frac{\rho}{L * p} = \frac{150}{4 * p} < 20 \Omega \text{ (Ec. 62)}$$

$$p > 1.875 \text{ picas (Ec. 63)}$$

Se elige poner finalmente 3 picas.

### 11.3. MASAS CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

Para la puesta a tierra de las masas del transformador se va a diseñar un anillo rectangular de  $4 \times 3 \text{ m}$  con sección del conductor de  $50 \text{ mm}^2$ , diámetro de las picas de  $14 \text{ mm}$  y longitud de las picas de  $4 \text{ m}$ .

Con estos parámetros se obtiene los siguientes valores:

$$K_r = 0.067$$

$$K_p = 0.0143$$

$$K_c = 0.0252$$

Se usarán 8 picas para esta puesta a tierra.

A continuación, se calculará la resistencia de puesta a tierra, la tensión de paso máxima y la tensión de contacto máxima:

$$R_t = K_r * \rho = 0.067 * 150 = 10.05 \Omega \text{ (Ec. 64)}$$

$$V_{pm} = K_p * \rho * I_d = 0.0143 * 150 * 500 = 1072.5 \text{ V (Ec. 65)}$$

$$V_{cm} = K_c * \rho * I_d = 0.0252 * 150 * 500 = 1890 \text{ V (Ec. 66)}$$

Figura 1. Valores admisibles de la tensión de contacto aplicada  $U_{ca}$  en función de la duración de la corriente de falta

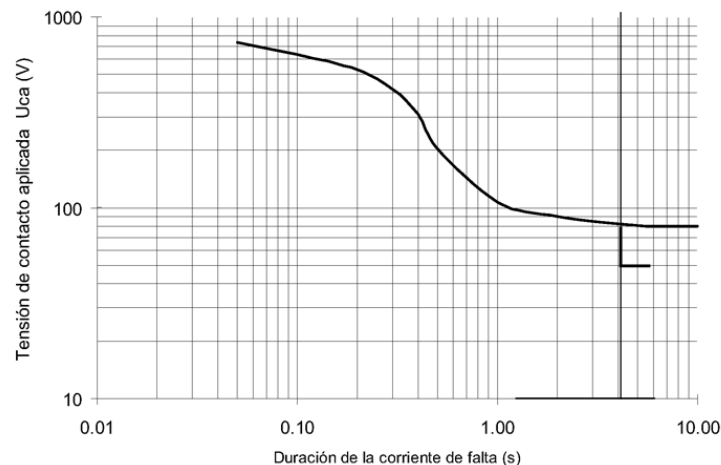


Figura 38. Valor admisible de tensión de contacto. Fuente: [www.boe.es](http://www.boe.es)



La  $I_d$  viene impuesta por la red y su valor es 500 A.

Se ha calculado las protecciones para un tiempo de protección de 0.5 s. Con estos datos se obtiene 200 V de tensión de contacto aplicada admisible y 2000 V de tensión de paso aplicada admisible.

Las tensiones de paso y contacto son:

$$V_{cad} = V_{ca, ad} * \left(1 + \frac{R_c + 3 * \rho}{2 R_h}\right) = 200 * \left(1 + \frac{2000 + 3 * 150}{2 * 1000}\right) = 445 \text{ V (Ec. 67)}$$

$$V_{pad} = V_{pa, ad} * \left(1 + \frac{2 * R_c + 6 * \rho}{R_h}\right) = 2000 * \left(1 + \frac{2 * 2000 + 6 * 150}{1000}\right) = 11800 \text{ V (Ec. 68)}$$

Resistencia del calzado  $R_c = 2000 \Omega$ .

Resistencia del cuerpo humano  $R_h = 1000 \Omega$ .

Resistencia del hormigón  $\rho' = 3000 \Omega$ .

Condiciones relativas a la seguridad de las personas:

$$V_{pm} \leq V_{pad} \text{ (Ec. 69)}$$

$$V_{cm} \leq V_{cad} \text{ (Ec. 70)}$$

$$I_a \leq I_d \text{ (Ec. 71)}$$

La primera y última condición se cumplen. La segunda condición no se está cumpliendo por lo tanto se tiene que imponer medidas adicionales:

- El transformador no puede estar en contacto con ninguna más conductora externa.
- Se instalará debajo del transformador una malla electrosoldada.
- La tensión de paso máxima en el exterior tiene que ser inferior a la tensión de paso admisible.

$$V_{pmext} = V_{pm} = 1072.5 \text{ V} \leq 11800 \text{ V (Ec. 72)}$$

- La tensión de paso máxima tiene que ser menor a la tensión de paso admisible en el acceso.

$$V_{pmacc} = V_{cm} = 1890 \text{ V} \leq V_{p, ac, ad} = V_{pad} \left(1 + \frac{3\rho + 3\rho'}{R_h}\right) = 20900 \text{ V (Ec. 73)}$$

Con esto se cumplen todas las condiciones de seguridad de la puesta a tierra.

#### 11.4. INDEPENDENCIA DE LA PUESTA A TIERRA

Las dos puestas a tierras del transformador tienen que ser independientes pues se ha diseñado un sistema TT.

Con esto se consigue las dos puestas a tierras no se influyan entre ellas

$$D = \frac{\rho * I_d}{2 * \pi * V} = \frac{150 * 500}{2 * \pi * 1200} = 9.95 \text{ m (Ec. 74)}$$

## 12. CÁLCULO DEL PERFORMANCE RATIO

Este parámetro evalúa el rendimiento mediante las pérdidas de la instalación. Tiene en cuenta las pérdidas por temperatura, por los conductores, por mantenimiento, por error de la electrónica, por el inversor y por el transformador.

### 12.1. PÉRDIDAS POR TEMPERATURA

Para poder calcular las pérdidas por temperatura el fabricante del panel fotovoltaico nos ofrece los siguientes datos:

PARÁMETROS TÉRMICOS	
COEFICIENTE DE TEMPERATURA $I_{sc}$	0.04%/°C
COEFICIENTE DE TEMPERATURA $V_{oc}$	(-0.32)%/°C
COEFICIENTE DE TEMPERATURA P	(-0.42)%/°C

Tabla 24. Pérdidas por temperatura

Para obtener la temperatura del panel se usan los siguientes datos:

- Irradiancia en el panel: 1000 W/m<sup>2</sup>
- Temperatura ambiente: 25°C
- Temperatura nominal: 47°C

Con estos datos se obtiene la siguiente ecuación:

$$T_p = T_{amb} + Irr * \frac{T_n - 25}{1000} \quad (Ec. 75)$$

Siendo:

- $T_p$  = temperatura del panel.
- $T_{amb}$  = temperatura ambiente.
- Irr = irradiancia en el panel

Para conseguir la temperatura media en cada mes usamos PVGIS que nos ofrece una gráfica con las temperaturas mes a mes.

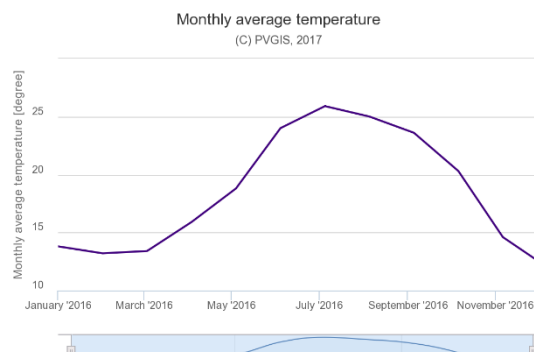


Figura 39. Temperatura localización 2017. Fuente: <http://re.jrc.ec.europa.eu>

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
13.8	13.2	13.4	15.9	18.8	24	25.9	25	23.6	20.3	14.6	12

Tabla 25. Temperatura media.

Por último, se necesita la irradiancia media que recibe el panel durante cada mes.

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
524.41	548.1667	592.525	595.9	633.13	604.5	631.43	671.3	601.4	588.389	544.75	537.357

Tabla 26. Irradiación media.

Con estos datos obtenemos la temperatura en el panel:

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
25.337	25.260	26.4356	29.0098	32.729	37.299	39.792	39.7686	36.831	33.245	26.585	23.822

Tabla 27. Temperatura del panel.

Con esta temperatura podemos calcular la pérdida de energía mes a mes con la siguiente ecuación:

$$\text{Rendimiento} = 100 - \text{CoefP} * (T_p - 25) \quad (\text{Ec. 76})$$

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
99.86%	99.89%	99.40%	98.32%	96.75%	94.83%	93.79%	93.80%	95.03%	96.54%	99.33%	100.00%

Tabla 28. Rendimiento panel.

## 12.2. PÉRDIDAS POR CONDUCTORES

En el anexo 9 se calcula que la máxima caída de tensión del conjunto de conductores será igual o inferior a 1.5%.

Este es el valor máximo de caída que puede aparecer en los conductores. Este valor no es el usual que se obtendría, ya que en la mayoría del tiempo la corriente que circulará por los conductores será inferior a este valor y generará unas pérdidas inferiores.

Aunque este valor será el máximo que se obtendrá se toma como valor para las pérdidas en los conductores.

## 12.3. PÉRDIDAS POR MANTENIMIENTO

Los paneles están situados en una parcela rodeada de campos y esta va a conllevar que los paneles se ensucien y no puedan trabajar a máximo rendimiento. Este es un factor que se debe cuidar e intentar mantener los paneles lo más limpios posibles.

Se considera un mantenimiento de los paneles y por tanto se toma el valor del 3% como pérdidas por suciedad.

#### 12.4. PÉRDIDAS POR ERROR

Se considera que existen pérdidas menores en el punto de máximo rendimiento de las tablas y en obtener este punto óptimo cuando la instalación está en funcionamiento.

Por estos errores se toma una pérdida del 2%.

#### 12.5. PÉRDIDAS EN EL INVERSOR

El fabricante del modelo de inversor elegido nos indica que el rendimiento máximo que puede alcanzar el inversor es del 99%.

Se toma como valor de pérdida 1%.

#### 12.6. PÉRDIDAS EN EL TRANSFORMADOR

El fabricante nos indica que el transformador a plena carga tiene pérdidas de 7 KW. Siendo estas aproximadamente el 1% de la potencia total.

#### 12.7. PÉRDIDAS TOTALES

Tras calcular todas las pérdidas que tiene nuestra instalación se puede obtener mes a mes todas las pérdidas que vamos a tener.

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
8.6%	8.6%	9.1%	10.2%	11.7%	13.7%	14.7%	14.7%	13.5%	12.0%	9.2%	8.5%

Tabla 29. Pérdidas totales.



# PRESUPUESTO

## 1. CÁLCULO ECONÓMICO

En esta parte se calculará el coste total de la instalación de todos los elementos del proyecto. Los precios son lo más cercanos a la realidad. Se ha buscado precios en los catálogos oficiales y en las listas de precios que ofrecen los fabricantes. Si estas opciones no estaban disponibles se ha buscado el precio en intermediarios.

En el cálculo de los costes se ha incluido impuestos y beneficios industriales.

Los precios obtenidos son precios por unidad. En conceptos como el panel solar al comprar grandes cantidades el precio puede verse reducido en un parte dejando unos costes inferiores.

## 2. PRECIO UNITARIO

A continuación, se va a calcular el presupuesto base de licitación.

NOMBRE	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
Módulo solar fotovoltaico	16590	261.67	4341105.3
Cable eléctrico 4 mm <sup>2</sup>	16590	4.92	81622.8
Cable eléctrico 70 mm <sup>2</sup>	1620	11.92	19310.4
Cable eléctrico 185 mm <sup>2</sup>	30	46.6	1398
Cable eléctrico 150 mm <sup>2</sup>	500	46.71	23355
Cable eléctrico 95 mm <sup>2</sup>	500	10.09	5045
Inversor	10	25520.53	255205.3
Transformador	5	23470.17	117350.85
Vigilador de aislamiento	10	210.49	2104.9
Interruptor-seccionador	10	3066.49	30664.9
Interruptor-automático	10	7146.49	71464.9
Cuadro nivel 1	100	1776.81	177681
Cuadro nivel 2	10	2034.87	20348.7
Toma de tierra con pica	240	107.01	25682.4
Conductor de tierra	3643.9	5.21	18984.719
Terreno	12330	4.04	49813.2
Talado de árbol	213	18.47	3934.11
Desbroce y limpieza del terreno con arbustos	12330	1.49	18371.7
<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL:</b>			<b>5,263,443 €</b>
<b>COSTE DE MANTENIMIENTO:</b>		8%	421,075 €
<b>GASTOS GENERALES:</b>		13%	684,248 €
<b>BENEFICIO INDUSTRIAL:</b>		6%	315,807 €
<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA:</b>			<b>6,684,572.84 €</b>
I.V.A. 21%			1,403,760.30 €
<b>PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN</b>			<b>8,088,333.13 €</b>

Tabla 30. Presupuesto base de licitación. Fuente: generadordeprecios.info

### 3. PRECIO DESCOMPUESTO

En este apartado se va a calcular el desglose de cada unidad del precio unitario.

Ud.	Módulo solar fotovoltaico.			
Módulo solar fotovoltaico				
Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>Materiales</b>				
Ud.	Atersa A-325-P Ultra	1.000	206.00	206.00
Ud.	CVA915 SUNFER ESTRUCTURA	0.071428571	534	38.14286
<b>Subtotal material:</b>				<b>244.14</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1ª instalador de captadores solares.	0.359	18.13	6.51
h	Ayudante instalador de captadores solares.	0.359	16.40	5.89
<b>Subtotal mano de obra:</b>				<b>12.40</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	2.000	256.54	5.13
<b>Costes directos (1+2+3):</b>				<b>261.67</b>

Tabla 31. Módulo solar fotovoltaico. Fuente: generadordeprecios.info

m	Cable eléctrico 4mm <sup>2</sup>			
Cable eléctrico				
Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>Materiales</b>				
m	Afumex Class Blindex 1000 V (AS) Z1C4Z1-K (AS)	1.000	1.13	1.13
m	MTS.PERFORMA ZINC+ 30x100	1.000	3.00	3.00
<b>Subtotal material:</b>				<b>4.13</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1ª electricista.	0.020	18.13	0.36
h	Ayudante electricista.	0.020	16.40	0.33
<b>Subtotal mano de obra:</b>				<b>0.69</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	2.000	4.82	0.10
<b>Costes directos (1+2+3):</b>				<b>4.92</b>

Tabla 32. Cable eléctrico 4mm<sup>2</sup>. Fuente: generadordeprecios.info

m Cable eléctrico 70mm <sup>2</sup>				
Cable eléctrico				
Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
Materiales				
m	Afumex Class Blindex 1000 V (AS) Z1C4Z1-K (AS)	1.000	8.00	8.00
m	MTS.PERFORMA ZINC+ 30x100	1.000	3.00	3.00
Subtotal material:				11.00
Mano de obra				
h	Oficial 1ª electricista.	0.020	18.13	0.36
h	Ayudante electricista.	0.020	16.40	0.33
Subtotal mano de obra:				0.69
Costes directos complementarios				
%	Costes directos complementarios	2.000	11.69	0.23
Costes directos (1+2+3):				11.92

Tabla 33. Cable eléctrico 70 mm Fuente: generadordeprecios.info

m Cable eléctrico 185mm <sup>2</sup>				
Cable eléctrico				
Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
Materiales				
m	Afumex Class Blindex 1000 V (AS) Z1C4Z1-K (AS)	2.000	19.00	38.00
m	MTS.PERFORMA ZINC+ 70x200	1.000	7.00	7.00
Subtotal material:				45.00
Mano de obra				
h	Oficial 1ª electricista.	0.020	18.13	0.36
h	Ayudante electricista.	0.020	16.40	0.33
Subtotal mano de obra:				0.69
Costes directos complementarios				
%	Costes directos complementarios	2.000	45.69	0.91
Costes directos (1+2+3):				46.60

Tabla 34. Cable eléctrico 185mm<sup>2</sup>. Fuente: generadordeprecios.info



m Cable eléctrico 150mm <sup>2</sup>				
Cable eléctrico				
Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
Materiales				
m	Afumex Class Blindex 1000 V (AS) Z1C4Z1-K (AS)	3.000	12.70	38.10
m	MTS.PERFORMA ZINC+ 70x200	1.000	7.00	7.00
Subtotal material:				45.10
Mano de obra				
h	Oficial 1ª electricista.	0.020	18.13	0.36
h	Ayudante electricista.	0.020	16.40	0.33
Subtotal mano de obra:				0.69
Costes directos complementarios				
%	Costes directos complementarios	2.000	45.79	0.92
Costes directos (1+2+3):				46.71

Tabla 35. Cable eléctrico 150mm<sup>2</sup>. Fuente: generadordeprecios.info

m Cable eléctrico 95mm <sup>2</sup>				
Cable eléctrico				
Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
Materiales				
m	Afumex Class Blindex 1000 V (AS) Z1C4Z1-K (AS)	1.000	9.20	9.20
Subtotal material:				9.20
Mano de obra				
h	Oficial 1ª electricista.	0.020	18.13	0.36
h	Ayudante electricista.	0.020	16.40	0.33
Subtotal mano de obra:				0.69
Costes directos complementarios				
%	Costes directos complementarios	2.000	9.89	0.20
Costes directos (1+2+3):				10.09

Tabla 36. Cable eléctrico 150mm<sup>2</sup>. Fuente: generadordeprecios.info

Ud.		Inversor.		
<b>Inversor 540 KW</b>				
Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>Materiales</b>				
Ud.	XC540	1.000	25000.00	25000.00
<b>Subtotal material:</b>				<b>25000.00</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1ª electricista.	0.583	18.13	10.57
h	Ayudante electricista.	0.583	16.40	9.56
<b>Subtotal mano de obra:</b>				<b>20.13</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	2.000	25020.13	500.40
<b>Costes directos (1+2+3):</b>				<b>25520.53</b>

Tabla 37. Inversor. Fuente: generadordeprecios.info

Ud.		Transformador		
<b>Transformador</b>				
Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>Materiales</b>				
Ud.	MINERA PV 1080 SCHENEIDER	1.000	23000.00	23000.00
<b>Subtotal material:</b>				<b>23000.00</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1ª electricista.	0.550	18.13	9.97
<b>Subtotal mano de obra:</b>				<b>9.97</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	2.000	23009.97	460.20
<b>Costes directos (1+2+3):</b>				<b>23470.17</b>

Tabla 38. Transformador. Fuente: generadordeprecios.info

Ud. Vigilador de aislamiento				
Vigilador de aislamiento				
Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>Materiales</b>				
Ud.	FAC4 PROAT	1.000	200.00	200.00
Subtotal material:				200.00
<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1ª electricista.	0.351	18.13	6.36
Subtotal mano de obra:				6.36
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	2.000	206.36	4.13
Costes directos (1+2+3):				210.49

Tabla 39. Vigilador de aislamiento. Fuente: generadordeprecios.info

Ud. Interruptor-seccionador				
Interruptor-seccionador				
Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>Materiales</b>				
Ud.	NSX1000NA DC PV - 1000A SCHNEIDER	1.000	3000.00	3000.00
Subtotal material:				3000.00
<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1ª electricista.	0.351	18.13	6.36
Subtotal mano de obra:				6.36
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	2.000	3006.36	60.13
Costes directos (1+2+3):				3066.49

Tabla 40. Interruptor-seccionador. Fuente: generadordeprecios.info

Ud.	Interruptor-automático			
Interruptor-automático				
Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
Materiales				
Ud.	NS1250N SCHNEIDER	1.000	7000.00	7000.00
Subtotal material:				7000.00
Mano de obra				
h	Oficial 1ª electricista.	0.351	18.13	6.36
Subtotal mano de obra:				6.36
Costes directos complementarios				
%	Costes directos complementarios	2.000	7006.36	140.13
Costes directos (1+2+3):				7146.49

Tabla 41. Interruptor-automático. Fuente: generadordeprecios.info

Ud.	Cuadro nivel 1			
cuadro nivel 1				
Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
Materiales				
Ud.	AB16-160 SCHNEIDER	5.000	220.00	1100.00
Ud.	Fusible GPV 10X38 10A 1000V DF-SA	79.000	8.00	632.00
Subtotal material:				1732.00
Mano de obra				
h	Oficial 1ª electricista.	0.550	18.13	9.97
Subtotal mano de obra:				9.97
Costes directos complementarios				
%	Costes directos complementarios	2.000	1741.97	34.84
Costes directos (1+2+3):				1776.81

Tabla 42. Cuadro nivel 1. Fuente: generadordeprecios.info

Ud.	Cuadro nivel 2			
cuadro nivel 2				
Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
Materiales				
Ud.	DC10B PROTECT SCHNEIDER	1.000	1500.00	1500.00
Ud.	Fusible GPV NH1 160A 1000V DF-SA	5.000	17.00	85.00
Ud.	Medidor de energía PM700 SCHNEIDER	1.000	400.00	400.00
Subtotal material:				1985.00
Mano de obra				
h	Oficial 1ª electricista.	0.550	18.13	9.97
Subtotal mano de obra:				9.97
Costes directos complementarios				
%	Costes directos complementarios	2.000	1994.97	39.90
Costes directos (1+2+3):				2034.87

Tabla 43. Cuadro nivel 2. Fuente: generadordeprecios.info

Ud.	Toma de tierra con pica.			
Toma de tierra con una pica de acero cobreado de 4 m de longitud.				
Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
Materiales				
Ud.	Electrodo para red de toma de tierra cobreado con 300 µm, fabricado en acero, de 14 mm de diámetro y 4 m de longitud.	1.000	12.24	12.24
m	Conductor de cobre desnudo, de 50 mm <sup>2</sup> .	0.150	3.27	0.48
Ud.	Grapa abarcón para conexión de pica.	1.000	0.68	0.68
Ud.	Arqueta de polipropileno para toma de tierra, de 300x300 mm, con tapa de registro.	1.000	50.32	50.32
Ud.	Puente para comprobación de puesta	1.000	31.28	31.28

	a tierra de la instalación eléctrica.			
Ud.	Saco de 5 kg de sales minerales para la mejora de la conductividad de puestas a tierra.	0.333	2.38	0.79
Ud.	Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra.	1.000	0.78	0.78
<b>Subtotal material:</b>				<b>96.57</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1ª electricista.	0.241	18.13	4.37
h	Ayudante electricista.	0.241	16.40	3.95
h	Peón ordinario construcción.	0.001	16.16	0.02
<b>Subtotal mano de obra:</b>				<b>8.34</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	2.000	104.91	2.10
<b>Costes directos (1+2+3):</b>				<b>107.01</b>

Tabla 44. Toma de tierra con pica. Fuente: generadordeprecios.info

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
m	<b>Conductor de tierra.</b>			
<b>Conductor de tierra formado por cable rígido desnudo de cobre trenzado, de 50 mm<sup>2</sup> de sección.</b>				
<b>Materiales</b>				
m	Conductor de cobre desnudo, de 50 mm <sup>2</sup> .	1.000	3.27	3.27
Ud.	Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra.	0.100	0.78	0.08
<b>Subtotal material:</b>				<b>3.35</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1ª electricista.	0.097	18.13	1.76
<b>Subtotal mano de obra:</b>				<b>1.76</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	2.000	5.11	0.10
<b>Costes directos (1+2+3):</b>				<b>5.21</b>

Tabla 45. Conductor de tierra. Fuente: generadordeprecios.info

m <sup>2</sup>		Terreno		
Campo con arboles				
Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
Materiales				
m <sup>2</sup>	Terreno	1.000	3.96	3.96
Subtotal material:				3.96
Costes directos complementarios				
%	Costes directos complementarios	2.000	3.96	0.08
Costes directos (1+2+3):				4.04

Tabla 46. Terreno. Fuente: generadordeprecios.info

m <sup>2</sup>		Desbroce y limpieza del terreno con arbustos.		
Desbroce y limpieza del terreno con arbustos, con medios mecánicos. Comprende los trabajos necesarios para retirar de las zonas previstas para la edificación o urbanización: arbustos, pequeñas plantas, tocones, maleza, broza, maderas caídas, escombros, basuras o cualquier otro material existente, hasta una profundidad no menor que el espesor de la capa de tierra vegetal, considerando como mínima 25 cm; y carga a camión.				
Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
Equipo y maquinaria				
h	Motosierra a gasolina, de 50 cm de espada y 2 kW de potencia.	0.020	2.76	0.06
h	Pala cargadora sobre neumáticos de 120 kW/1,9 m <sup>3</sup> .	0.014	35.40	0.50
Subtotal equipo y maquinaria:				0.56
Mano de obra				
h	Peón ordinario construcción.	0.056	16.16	0.90
Subtotal mano de obra:				0.90
Costes directos complementarios				
%	Costes directos complementarios	2.000	1.46	0.03
Costes directos (1+2+3):				1.49

Tabla 47. Desbroce y limpieza del terreno con arbustos. Fuente: generadordeprecios.info

Ud.	Talado de árbol.			
Talado de árbol de hasta 5 m de altura, de 15 a 30 cm de diámetro de tronco y copa poco frondosa, con motosierra, con extracción del tocón.				
Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>Equipo y maquinaria</b>				
h	Motosierra a gasolina, de 50 cm de espada y 2 kW de potencia.	0.231	2.76	0.64
h	Retroexcavadora hidráulica sobre neumáticos, de 105 kW.	0.051	40.79	2.08
h	Rodillo vibrante de guiado manual, de 700 kg, anchura de trabajo 70 cm.	0.142	7.78	1.10
<b>Subtotal equipo y maquinaria:</b>				<b>3.82</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1ª jardinero.	0.286	17.54	5.02
h	Ayudante jardinero.	0.564	16.43	9.27
<b>Subtotal mano de obra:</b>				<b>14.29</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	2.000	18.11	0.36
<b>Costes directos (1+2+3):</b>				<b>18.47</b>

Tabla 48. Talado de árbol. Fuente: generadordeprecios.info



## BIBLIOGRAFÍA

<https://atersa.shop/panel-solar-a-325p-ultra-46.html>

<https://maps.google.es>

<https://www.schneider-electric.es/es/product/LV438971/interruptor-seccionador-compact-nsx1000na-dc-pv---1000a---4p/>

<https://www.schneider-electric.com/en/product-range-download/62087-minera-pv#tabs-top>

<https://www.schneider-electric.es/es/product/33250/aparato-de-base-ns1250n---3-polos---1250-a---fijo-/?range=1002-compact-ns-%3E-630a&node=2640379388-productos&parent-category-id=4200>

<https://es.prysmiangroup.com/BajaTension-Afumex-Class-1000V-RZ1-K-AS>

<https://www.schneider-electric.es/es/product/CSU4518220/mts.performa-zinc%2B-70x200/?range=2717-performa-mesh-trays&node=462166747-bandejas-de-rejilla&parent-subcategory-id=88798&parent-category-id=1300>

<http://www.sunfer-energy.com/tienda/fv925/110-estructura-inclinada-1-modulo-fv925.html>

<http://www.sunfer-energy.com/tienda/cva915/56-cva915-estructura-inclinada-1-modulo.html>

<http://www.lidersolar.es/Estructura-inclinada-15-30-45-para-21-modulos-XH-190M-1-fila>

<http://www.proat.es/es/nuestros-productos/vigilantes-de-aislamiento>

<https://41j5tc3akbrn3uezx5av0jj1bgm-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2015/06/1000v-solar-array-box-data-sheet-20161115.pdf>

<https://41j5tc3akbrn3uezx5av0jj1bgm-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2017/03/DC-Box.pdf>

<https://41j5tc3akbrn3uezx5av0jj1bgm-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2016/01/DS2017MAR31-Conext-Core-XC.pdf>

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=es&map=europe>

<http://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3AUA0000057380&LanguageCode=en&DocumentPartId=1&Action=Launch>

<http://www.df-sa.es/media/photovoltaic-media/photovoltaic-fuses-and-bases.pdf>

<https://www.sma.de/es/productos/inversor-fotovoltaico/sunny-central-500cp-xt-630cp-xt-720cp-xt-760cp-xt.html>

<http://www.omie.es/inicio>

<http://www.generadordeprecios.info>

Tecnología eléctrica. Editorial Síntesis. José Roger Folch, Martín Riera Guasp, Carlos Roldán Porta.

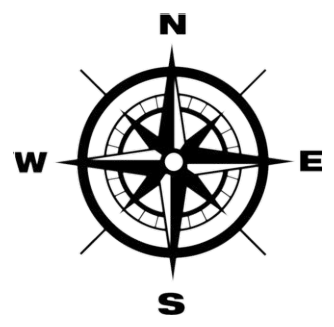
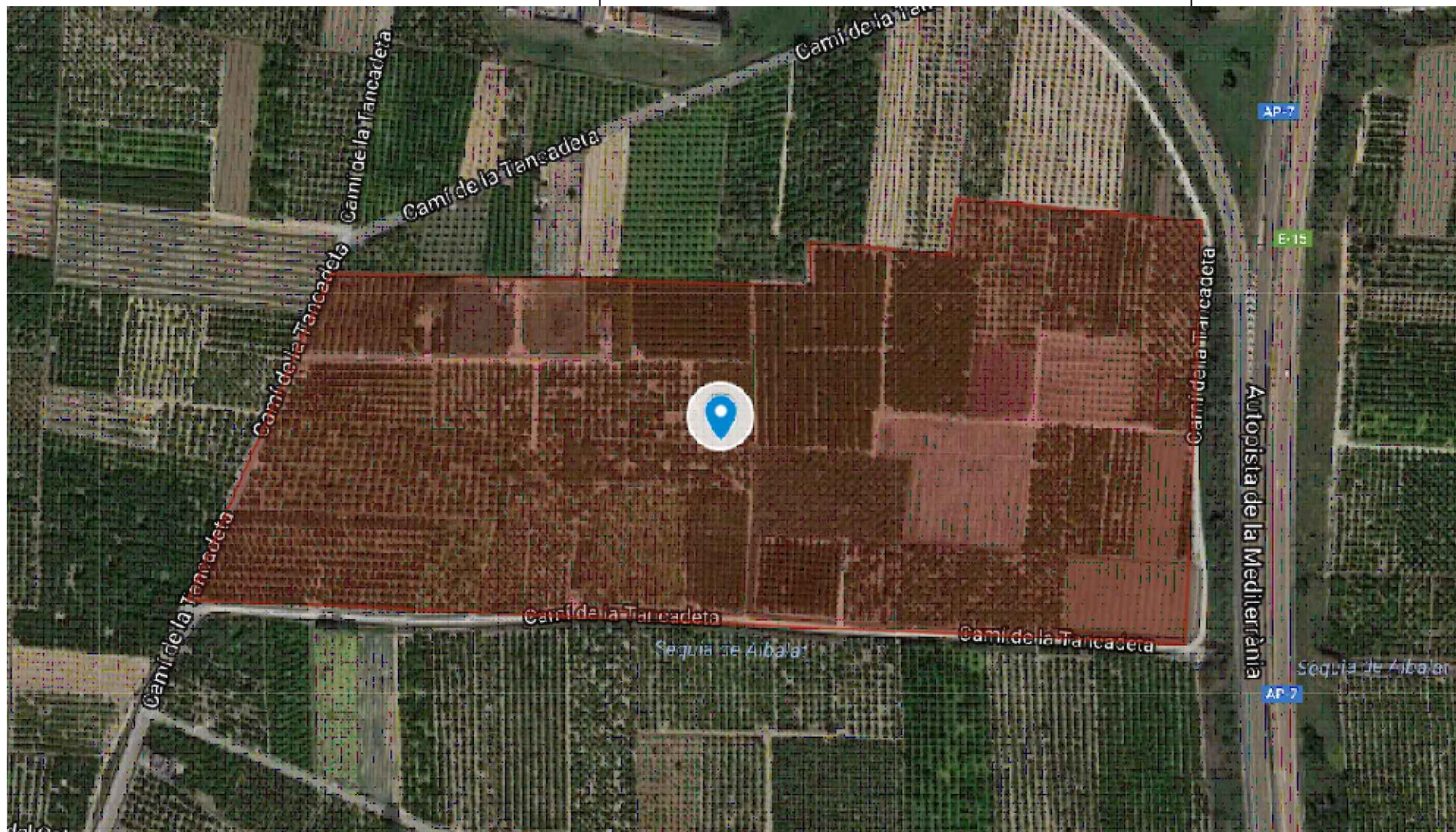


# PLANOS

## PLANOS

1. **PLANO 1: PLANO DE LOCALIZACIÓN**
2. **PLANO 2: ESQUEMA DE LA INSTALACIÓN**
3. **PLANO 3: ESQUEMA DISTRIBUCIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS**
4. **PLANO 4: ESQUEMA BLOQUE GENERADOR 1 MW**
5. **PLANO 5: ESQUEMA BLOQUE GENERADOR**
6. **PLANO 6: ESQUEMA PUESTAS A TIERRA**





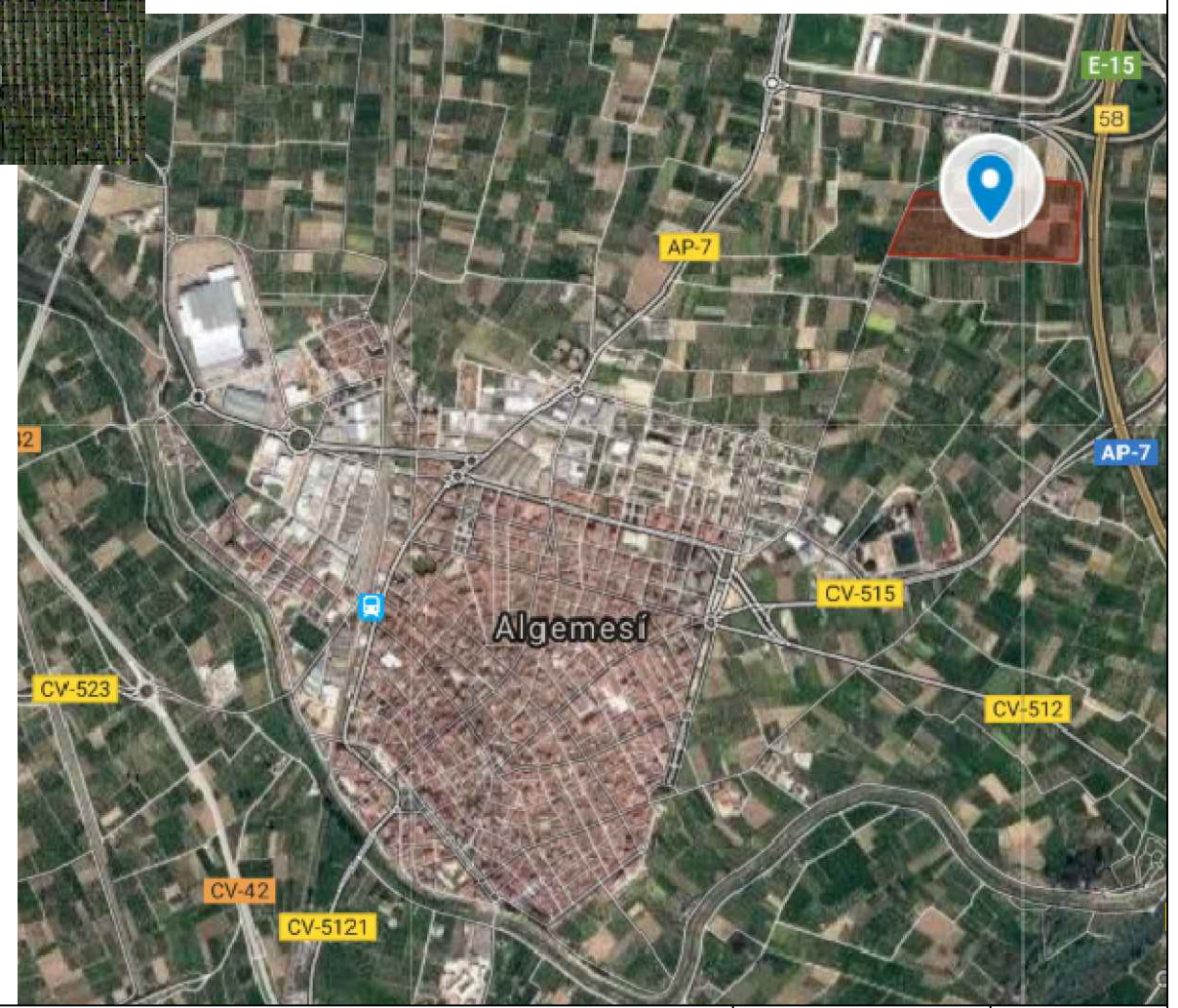
### COORDENADAS

LATITUD: 39.19799 GRADOS


LONGITUD: -0.421857 GRADOS

### TAMAÑO DE LA PARCELA


12.2 HA



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA**



**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA**

Proyecto: PROYECTO DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE 5 MW SITUADO EN ALGEMESÍ (VALENCIA)

Plano: PLANO DE LOCALIZACIÓN

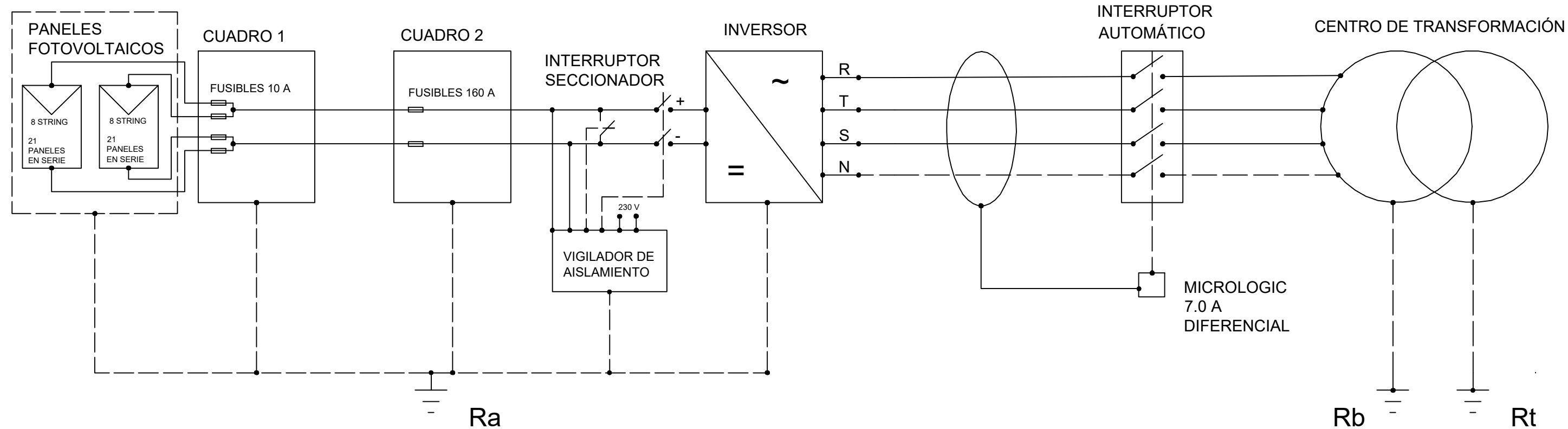
Autor: ANGEL FERRER CAMARASA

Fecha: JUNIO 2018

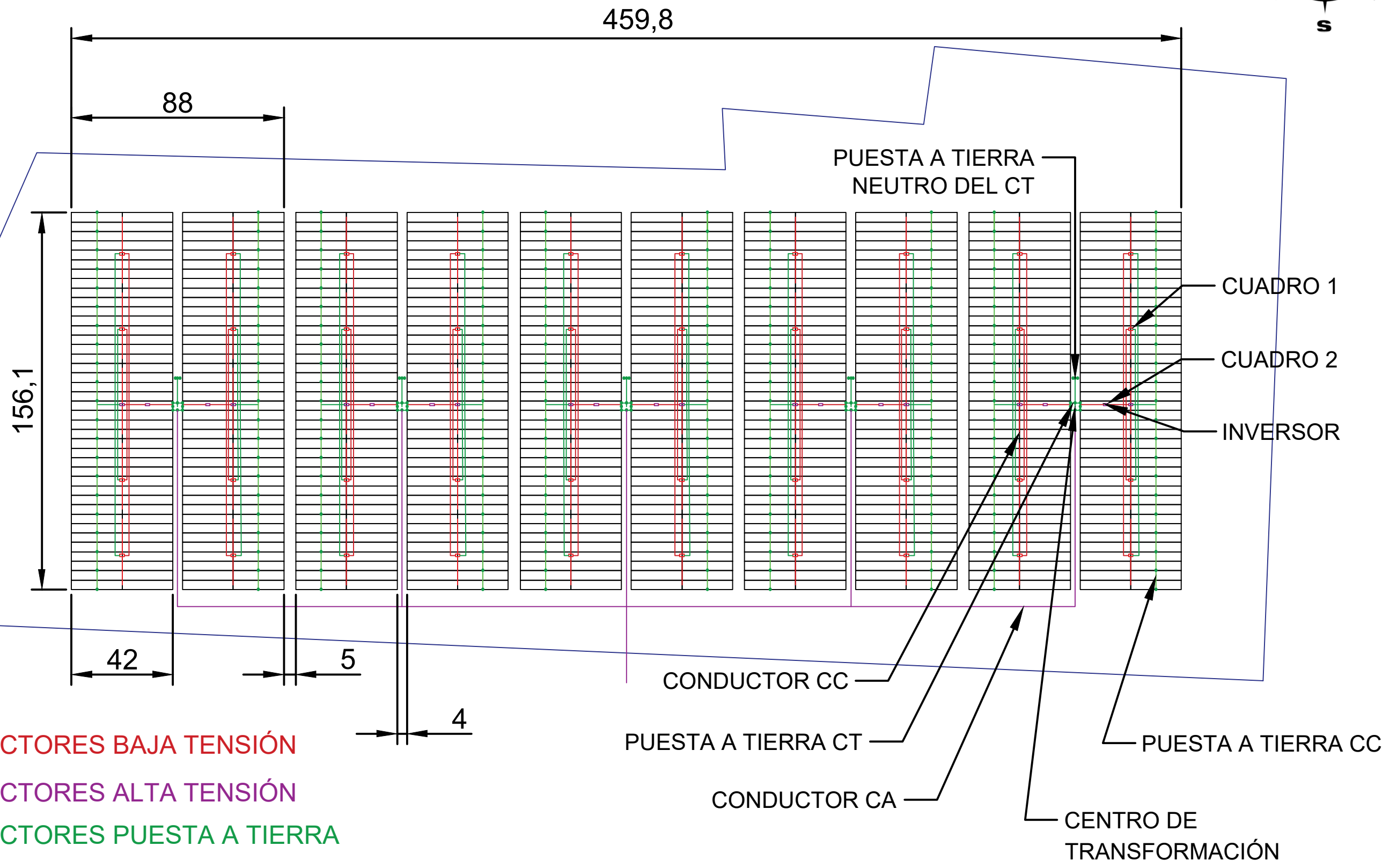
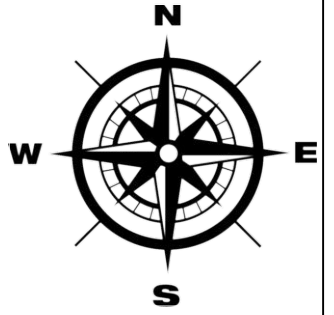
Escala:

Nº Plano: **1**





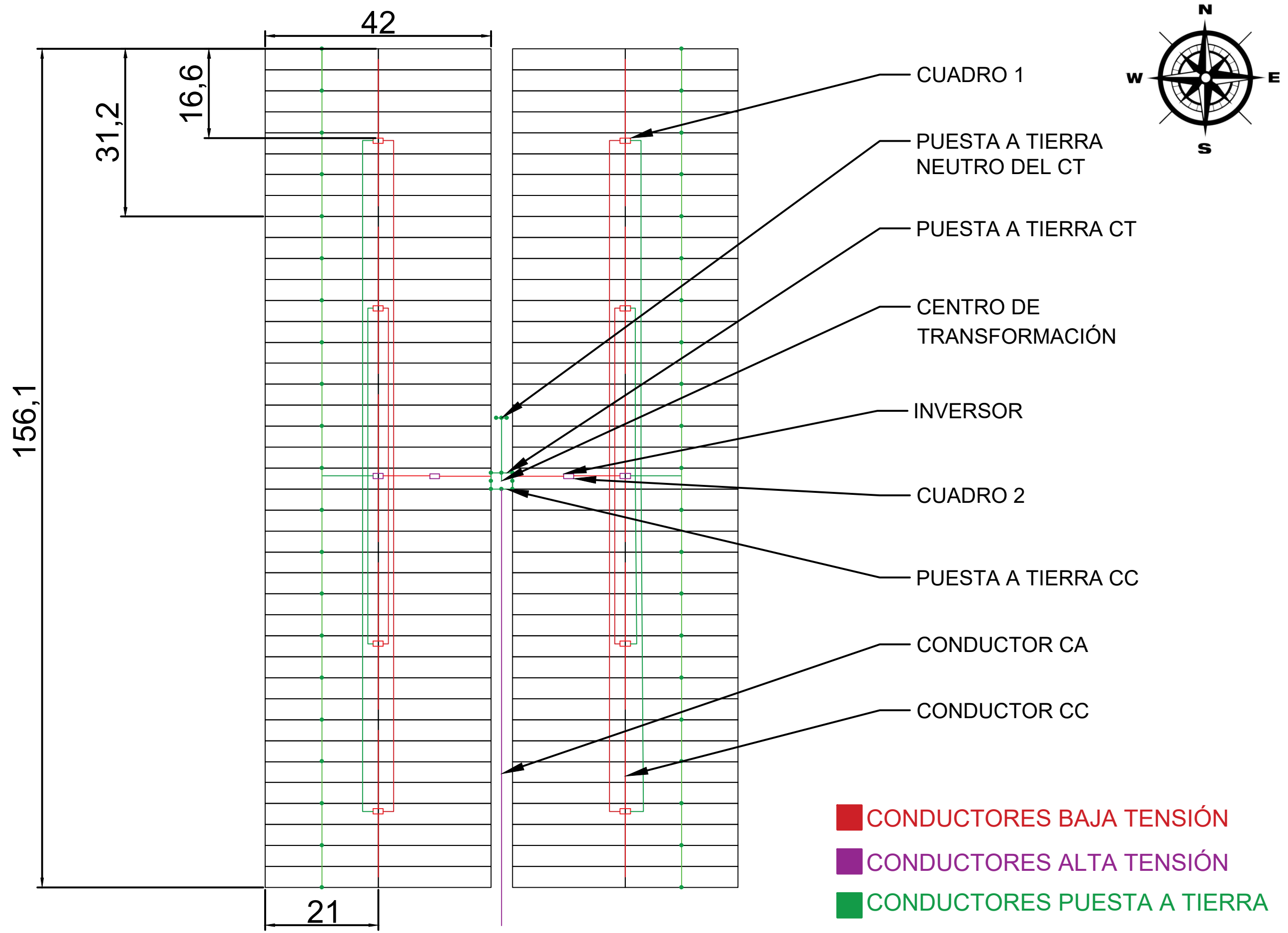
# DISTRIBUCIÓN DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS 10 BLOQUES GENERADORES

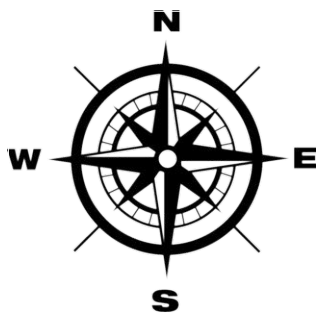
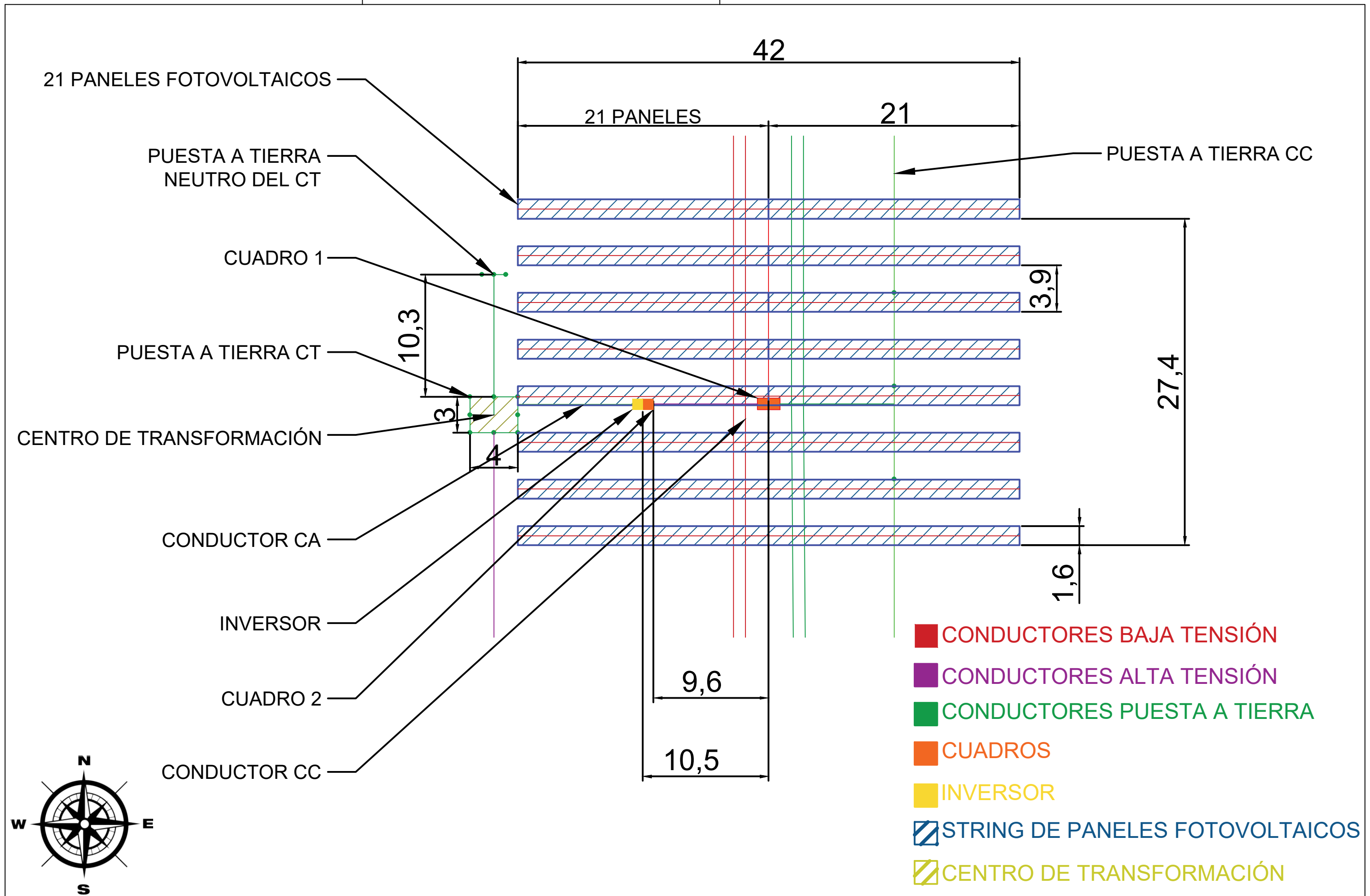


- CONDUCTORES BAJA TENSIÓN
- CONDUCTORES ALTA TENSIÓN
- CONDUCTORES PUESTA A TIERRA

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

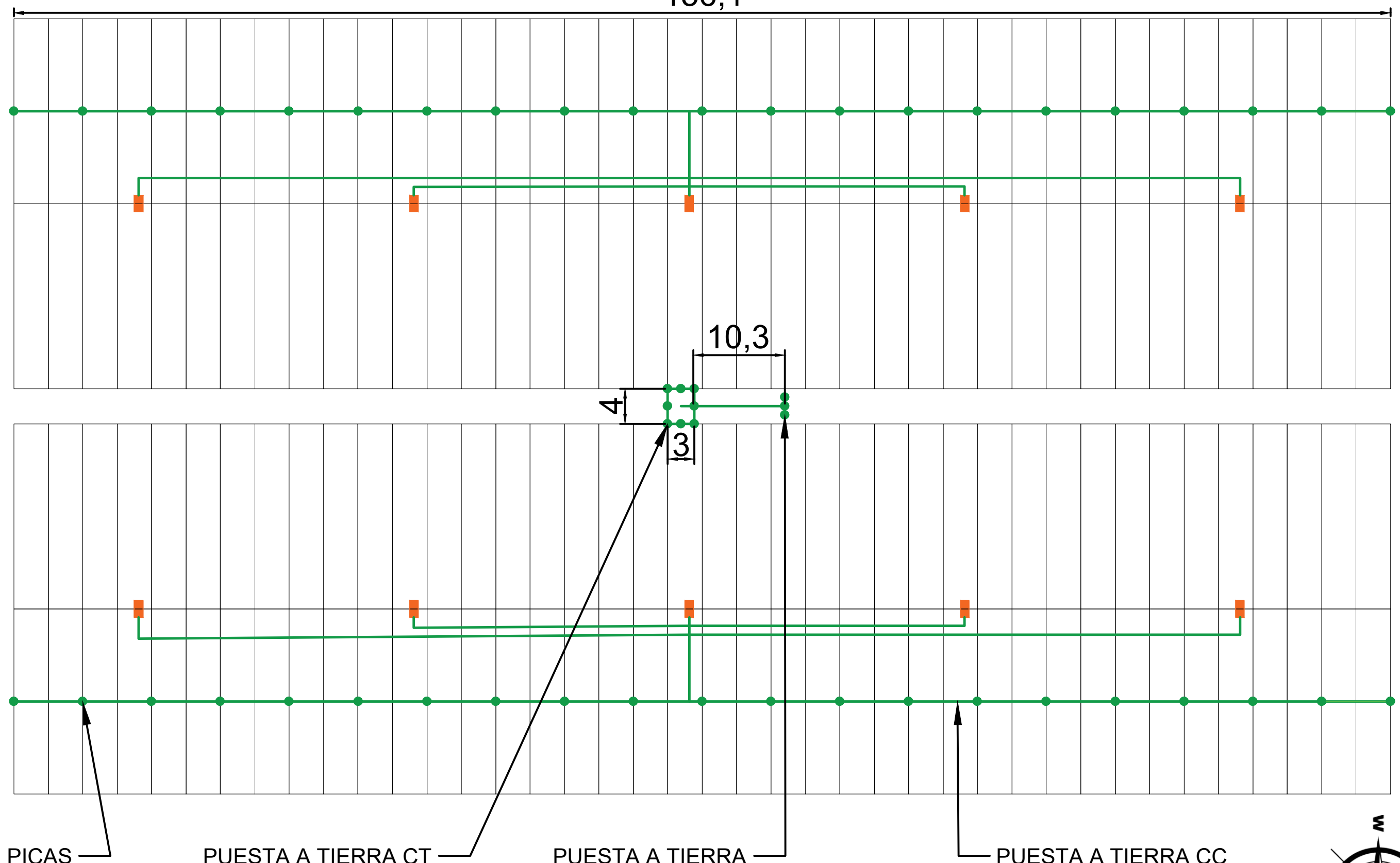




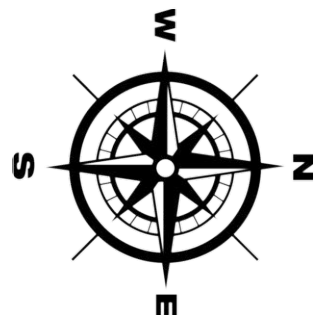
TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERIA EN TECNOLOGIAS INDUSTRIALES UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA	Proyecto: PROYECTO DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE 5 MW SITUADO EN ALGEMESÍ (VALENCIA)	Plano: ESQUEMA BLOQUE GENERADOR	Fecha: JUNIO 2018	Nº Plano: 5
		Autor: ANGEL FERRER CAMARASA	Escala: 1:300	



156,1



■ CONDUCTORES PUESTA A TIERRA  
■ CUADROS




PICAS

PUESTA A TIERRA CT


PUESTA A TIERRA NEUTRO DEL CT

PUESTA A TIERRA CC

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERIA EN TECNOLOGIAS INDUSTRIALES



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA**



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA

Proyecto: PROYECTO DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE 5 MW SITUADO EN ALGEMESÍ (VALENCIA)

Plano: ESQUEMA PUESTAS A TIERRA

Autor: ANGEL FERRER CAMARASA

Fecha: JUNIO 2018

Escala: 1:440

Nº Plano: 6