

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR D'ALCOI

Instalación solar fotovoltaica

Trabajo Fin de Grado

Grado en ingeniería eléctrica

Autor: Antonio Fernández García

Tutor: Marcos Pascual Molto

Curso: 2016-17

Resumen

Resumen castellano

Este proyecto trata sobre el diseño de una instalación eléctrica mediante el uso de placas solares. Dicha instalación se realizará a ras del suelo y con el objetivo del máximo aprovechamiento del espacio disponible.

La instalación se realizará en la localidad de Sax. A 47.5km de la capital. El objetivo de esta instalación será inyectar la potencia producida en baja tensión. Por lo que no será necesaria la colocación de un equipo de transformación.

El modelo de generador solar elegido es A-310P GSE por su mayor rendimiento. Además de ser de una empresa cercana y con prestigio. Dichos paneles están compuestos por 72 células de 6 pulgadas, de silicio monocristalino. Su potencia pico es de 310w.

Descartamos el uso de motores para el seguimiento solar por las siguientes razones: Elevado coste y mantenimiento de los motores y sensores a utilizar para dicho cometido. Y al aumento de espacio necesario para la colocación de las placas debido a las sobras producida por los generadores.

El modelo de inversor elegido es el Sunny Tripower 20000TI el cual ha sido elegido por su rendimiento, precio y fiabilidad.

Resumen valenciano

Este proyecto trata sobre el diseño d'una instal·lació elèctrica per mitjà de l'ús de plaques solars. La dita instal·lació es realitzarà arran de terra i amb l'objectiu del màxim aprofitament de l'espai disponible.

La instal·lació es realitzarà en la localitat de Sax. A 47.5km de la capital. L'objectiu d'esta instal·lació serà injectar la potència produïda en baixa tensió. Pel que no serà necessària la col·locació d'un equip de transformació.

El model de generador solar triat és A-310P GSE pel seu major rendiment. A més de ser d'una empresa pròxima i amb prestigi. Els dits panells estan compostos per 72 cèl·lules de 6 polzades, de silici mona cristal·lina. La potència dels quals pic és de 310w.

Descartem l'ús de motors per al seguiment solar per les raons següents: Elevat cost i manteniment dels motors i sensors a utilitzar per al dit comés. I a l'augment d'espai necessari per a la col·locació de les plaques degut a les sobres produïda pels generadors.

El model d'inversor triat és el Sunny Tripower 20000TI el qual ha sigut triat pel seu rendiment, preu i fiabilitat.

Resumen ingles

This project deals with the design of an electrical installation through the use of solar panels. This installation will take place at the ground level and aiming to the maximum use of available space.

The installation will take place in the Alicante Town of Sax. To 47.5km of the capital. The aim of this installation will be injecting the power produced in low voltage, feeding the nearby industry. By what not will be required the placement of transformer.

Selected solar generator model is A-310 p GSE for its greater performance. In addition to being a local business and prestige. These panels are composed of 72 6-inch mono crystalline silicon cells. Whose power are 310w.

We discarded the use of motors for the solar tracking for the following reasons: high cost and maintenance of the motors and sensors to be used for this purpose. And to the increase in space necessary for the collation of the plates because shade produced by generators.

Sunny Tripower is chosen inverter model 20000TI which has been chosen for its performance, price and reliability.

Palabras clave

Solar, fotovoltaica, baja tensión.

Tabla de contenido

Resumen castellano	2
Resumen valenciano	3
Resumen ingles	4
Documento nº1 memoria	10
1: memoria	11
1. Introducción al Proyecto	12
1.1 Finalidad del proyecto.....	12
1.2 Alcance del proyecto.....	12
1.3 Introducción a la energía fotovoltaica	12
1.4 Aplicaciones principales	14
2. Distribución física de elementos y localización.....	18
2.1 Localización	18
2.2 Distribución de los paneles fotovoltaicos	19
2.3 Localización de los inversores	21
2.4 Localización de conductores	21
2.5 Localización de protecciones	21
3. Diseño eléctrico de la instalación.....	22
3.1 Criterios de diseño	22
3.2 Componentes eléctricos.....	23
3.3 Protecciones.....	33
3.4 Bibliografía	35
4: Estudio energético	36
4.1 cálculos energéticos	36
4.2 bibliografía	38
Documento nº2: Cálculos.....	39
1 Introducción	40
2 Ubicación de placas.....	40
3 Cálculos de elementos eléctricos.....	41
4 Cableado.....	41
5 Protecciones.....	43
6 Producción esperada.....	43
7 Ingresos esperados.....	43
Documento nº3: Estudio económico	44
1 Estudio económico.....	45
2 Ingresos y gastos	45

3 Impacto ambiental	48
3.1 Impacto medioambiental	49
Documento nº4 pliego de condiciones:	50
1 Objeto.....	51
2 Generalidades	51
3 Definiciones.....	51
4 Diseño.....	52
5 Componentes y materiales	52
5.1 Introducción	52
5.2 Sistemas generadores	52
5.3 Inversores.....	52
5.4 Cableado.....	53
5.5 Puesta a tierra	53
6 Pruebas.....	53
7 Requerimientos técnicos del contrato de mantenimiento	53
7.1 Programa de mantenimiento	53
7.2 Garantías	54
Documento nº 5 Presupuesto	55
1 Materiales	56
2 Mano de obra.....	56
3 Gastos imprevistos	56
4 Resumen.....	57
Documento nº 6 Planos	58

Índice de ilustraciones

Ilustración 1 potencia instalada por región	13
Ilustración 2 potencia instalada por país	16
Ilustración 3 potencia instalada en España.....	16
Ilustración 4 localización central.....	18
Ilustración 5 localización municipio	19
Ilustración 6 plano general placas.....	20
Ilustración 7 detalle superior placas	20
Ilustración 8 detalle inferior placas.....	20
Ilustración 9 cuadro de medida	21
Ilustración 10 cálculo de distancia mínima	22
Ilustración 11 características eléctricas placas	23
Ilustración 12 características mecánicas placas.....	24
Ilustración 13 curva rendimiento inversor.....	25
Ilustración 14 características inversor	25
Ilustración 15 ficha técnica contador.....	26
Ilustración 16 esquema armario de medida	27
Ilustración 17 intensidad admisible tubo enterrado.....	30
Ilustración 18 intensidad admisible tubo enterrado.....	31
Ilustración 19 Tabla diámetros tubos.....	33
Ilustración 20 grafico radiación global según la inclinación.....	36
Ilustración 21 tabla radiación global según la inclinación	37
Ilustración 22cálculo de distancia mínima	40
Ilustración 23 Balance acumulado	47

Índice de tablas

Tabla 1 distribución de las placas.....	21
Tabla 2 Calculo de sección de la línea de alterna.....	28
Tabla 3 Cálculo de sección de las líneas de continua 1.....	28
Tabla 4Cálculo de sección de las líneas de continua 2.....	29
Tabla 5 resumen de secciones	32
Tabla 6 media mensual de producción	36
Tabla 7 ingresos anuales	37
Tabla 8 resumen datos económicos.....	45
Tabla 9 Resumen económico	46
Tabla 10 Presupuesto materiales.....	56
Tabla 11 Presupuesto mano de obra	56
Tabla 12 Presupuesto gastos imprevistos.....	56
Tabla 13 Presupuestos resumen	57

Documento nº1 memoria

1: memoria

1. Introducción al Proyecto

1.1 Finalidad del proyecto

Este proyecto consiste en el diseño y cálculo de una instalación fotovoltaica situada a ras del suelo, optimizando al máximo la producción en el espacio disponible. El objetivo de esta instalación es conseguir rentabilidad económica.

En él se estudia la viabilidad de una instalación de este tipo con las actuales condiciones técnicas y económicas.

1.2 Alcance del proyecto

Para comenzar, se exponen los aspectos más importantes de la tecnología fotovoltaica, su crecimiento en los últimos años y la situación actual en cuanto a normativa y penetración.

Se estudia el caso concreto de un campo solar en la provincia de Alicante. Se analizará los siguientes aspectos:

- Funcionamiento de la tecnología fotovoltaica.
- El cálculo de la radiación disponible y previsión de eléctrica generada.
- Los componentes de la instalación.
- El cálculo eléctrico.
- Viabilidad económica.

Se incluyen también documentos relativos a la construcción y puesta en marcha de la instalación, como son el Pliego de condiciones y el Estudio básico de seguridad y salud.

1.3 Introducción a la energía fotovoltaica

La energía solar es un recurso disponible casi en la totalidad del planeta, principalmente en países tercermundistas cercanos al ecuador. Además, esta energía está disponible principalmente en las horas centrales del día siendo nula durante la noche.

Sin embargo, la mayor producción solar se localiza en Europa, tal y como lo expresa la siguiente gráfica. Además, es posible almacenar energía mediante el uso de centrales eléctricas reversibles.

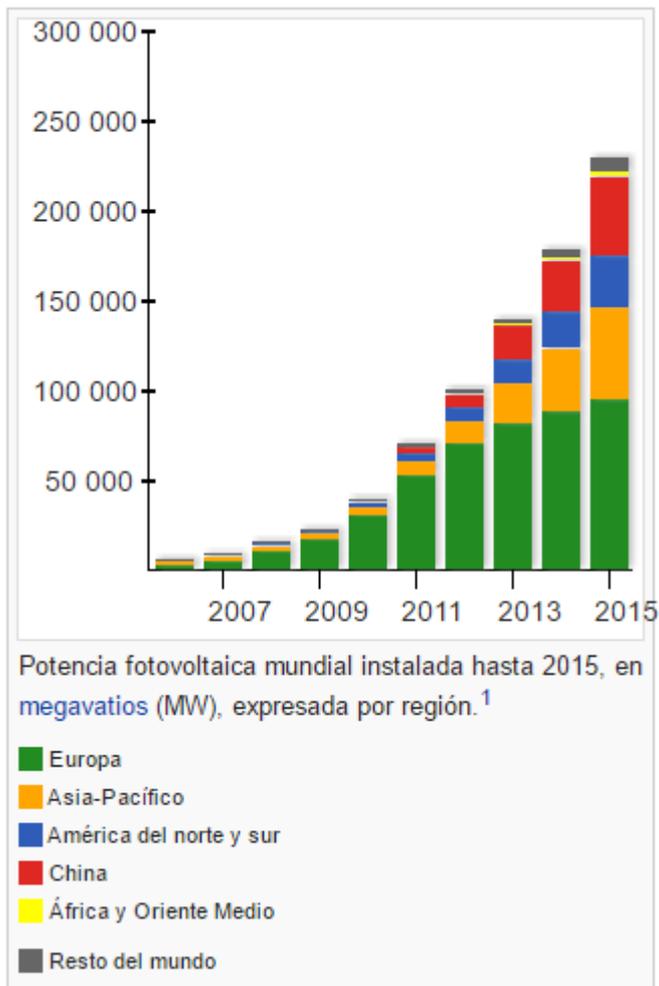


Ilustración 1 potencia instalada por región

El principio de funcionamiento de las placas fotovoltaicas está en la transformación de energía radiante solar en eléctrica. Dicha transformación se da en mediante la excitación de un semiconductor en el cual se produce circulación de electrones.

1.4 Aplicaciones principales

La energía eléctrica obtenida mediante la tecnología de las placas fotovoltaicas se puede utilizar para cualquier fin. Usualmente se puede clasificar en dos grandes grupos:

- Conexión a la red de distribución

En este caso la energía generada es inyectada a la red directamente. No es una energía fácilmente almacenable y en caso de desconexión a red los equipos sufrirán daño. Sin embargo, las horas de mayor producción coinciden con las horas de mayor demanda.

Aislado de la red de distribución. En este caso la energía generada es consumida en el propio punto de producción. En la mayoría de aplicaciones es necesario el almacenamiento de su producción para su aprovechamiento durante las horas nocturnas.

1.2 Funcionamiento de una planta fotovoltaica

Los componentes fundamentales de una granja solar son:

Las placas solares son las encargadas de transformar la energía solar en energía eléctrica. Dichos generadores están formados por múltiples módulos fotovoltaicos. En nuestro caso concretamente 72 aunque son más comunes los formados por menos.

Los inversores son los encargados de adecuar la energía eléctrica a la tensión y frecuencia adecuada para su posterior comercialización o consumo

Las protecciones son las encargadas de mantener el equipo en funcionamiento sin que dicho material sufra ningún daño. Aunque su función principal evitar poner en peligro la integridad física de los operarios o transeúntes.

Los elementos de conexionado a red son los encargados de medir la energía eléctrica y de pagar la cantidad económica que el mercado mande en dicho momento.

1.3 situación general de la energía fotovoltaica en el mundo

La producción de energía solar, en concreto la fotovoltaica. Ha experimentado un gran crecimiento en los últimos años debido a diversos factores. Como el aumento de demanda energética, la conciencia ecológica debida al cambio climático y el aumento de instalaciones aisladas donde no es viable económicamente su conexión a la red.

Además, para la implantación de este sistema de obtención de energía eléctrica ha sido necesario un desarrollo de las tecnologías del sector para hacer viable esta fuente de energía tanto técnicamente como económicamente.

1.3.1 Factores externos

Factor económico: El coste de los elementos fotovoltaicos están en baja, al contrario de las subvenciones económicas estatales. Actualmente la amortización de un huerto solar es larga en el tiempo.

Factor tecnológico: No es posible que la energía solar sea la fuente principal de energía la escasa capacidad de almacenamiento y la irregularidad de producción. Aunque se puede

guardar cierta cantidad de energía mediante la energía hidráulica reversible y en forma de calor en sales.

Factor ecológico: es menos contaminantes que los combustibles fósiles o las nucleares. Al no emitir gases contaminantes ni producir residuos contaminantes los cuales deben ser correctamente almacenados y tratados para evitar un desastre medioambiental.

1.3.2 Crecimiento y situación actual

Tal y como se muestra en la siguiente gráfica, el crecimiento de la energía solar fotovoltaica ha sufrido un crecimiento exponencial provocado por los avances tecnológicos y las subvenciones gubernamentales.

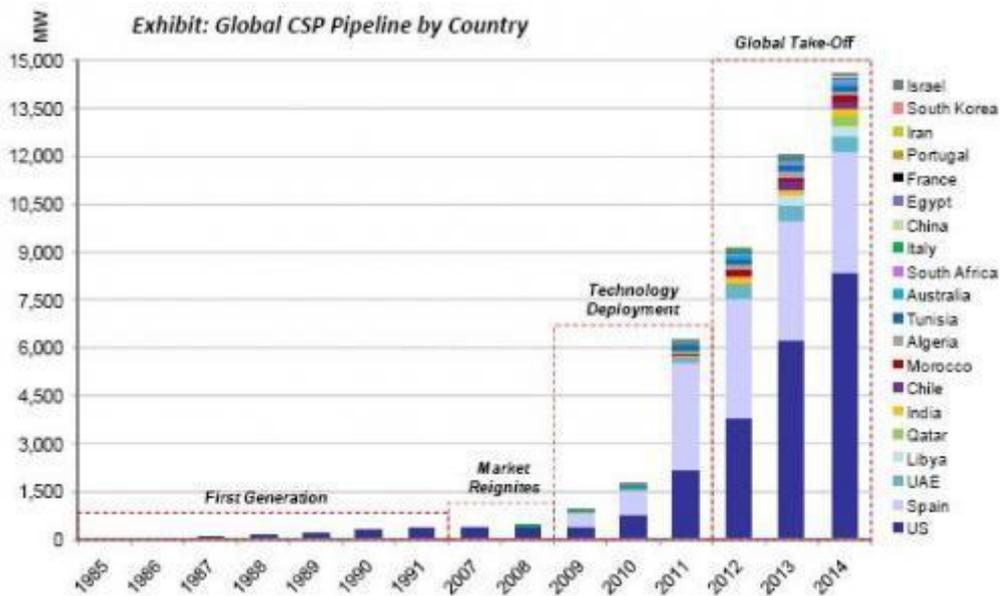


Ilustración 2 potencia instalada por país

Sin embargo, la situación en España ha sufrido una gran desaceleración hasta el punto de ser prácticamente nula. Dicho paro en la implementación de centrales eléctricas no es único de la energía solar fotovoltaica si no global a todas las energías renovables.

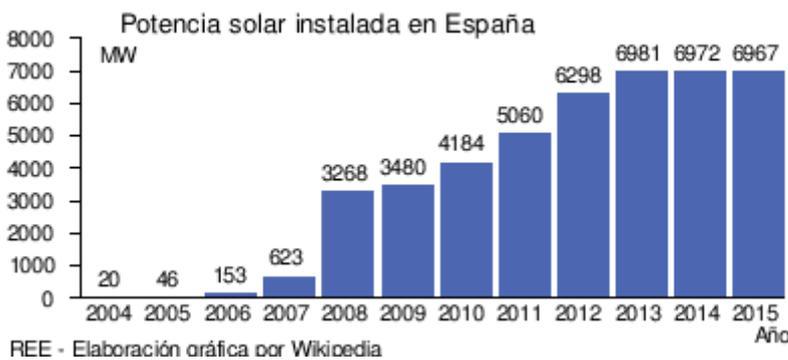


Ilustración 3 potencia instalada en España

Por el contrario, la tónica general en el resto del mundo es muy distinta. Durante el año 2015 el crecimiento en el mundo de las energías renovables mayoritarias fue de un 20 % mientras que en España fue de un 0.2%. Actualmente los países líderes en la implementación de esta tecnología son China con un aumento de 15 GW, en Japón 10 GW, en Europa 24 GW y América del norte 20 GW. Aunque se prevé que en pocos años en mayor aumento se de en países en vía de desarrollo, América central y caribe

1.3.3 Bibliografía

<http://www.lavanguardia.com/natural/20160408/40975632320/energia-renovable-solar-eolica-crecimiento-informe-irena.html>

https://es.wikipedia.org/wiki/Crecimiento_de_la_energ%C3%ADa_solar_fotovoltaica

<http://www.energiasrenovablesinfo.com/solar/energia-solar-instalada-2/>

2. Distribución física de elementos y localización

2.1 Localización

La instalación está situada sobre el suelo en la localidad de Sax de la provincia de Alicante, a 47,5 km de la capital. Las coordenadas son:

Latitud 38°32'9" Norte, longitud 0°49'15" Oeste, Altura: 477 m.s.n.m.



Ilustración 4 localización central



Ilustración 5 localización municipio

2.2 Distribución de los paneles fotovoltaicos

Los paneles a utilizar se colocarán con una orientación sur y con una inclinación de 30°. Además, para aprovechar el escaso espacio se colocarán de la forma que se indica a continuación con el fin de conseguir la mayor cantidad de energía posible evitando las sombras producidas por los paneles contiguos.

Los paneles, cuyas dimensiones son 1,995m de largo y 0,995 m de ancho, están dispuestos en un total de 15 filas de largo por 20 columnas, estando separadas las filas por 0,83 m con el fin de evitar sombras que disminuyan el rendimiento.

Los paneles estarán distribuidos eléctricamente en 14 ramas, de las cuales 10 tendrán 22 placas y 4 ramas de las que colgarán 20 placas en cada una.

Físicamente se dispondrán tal y como se muestra en las figuras siguientes:

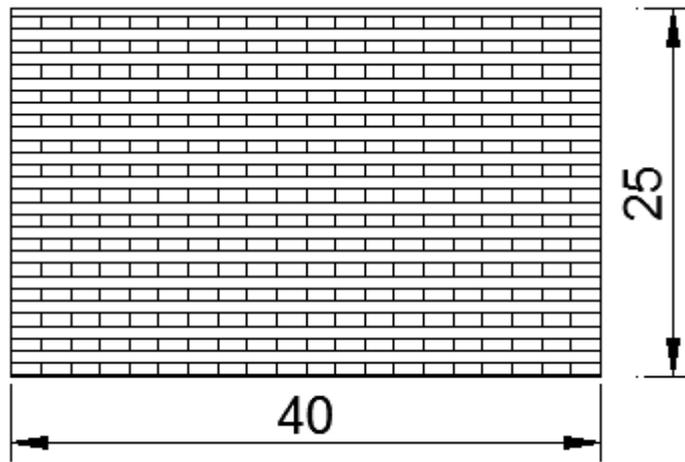


Ilustración 6 plano general placas

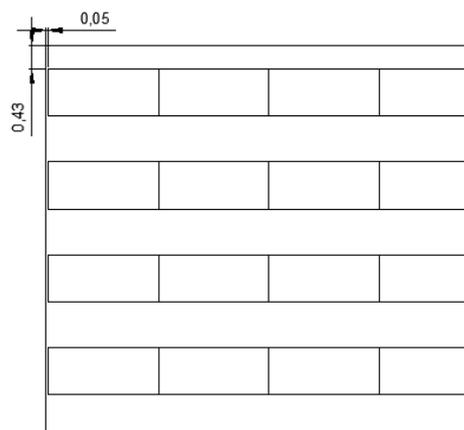


Ilustración 7 detalle superior placas

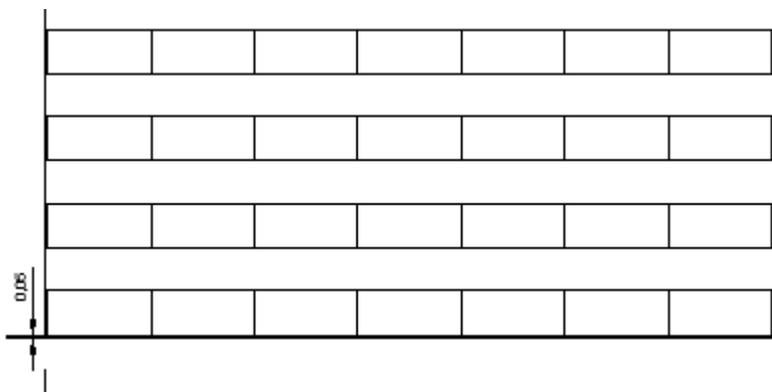


Ilustración 8 detalle inferior placas

2.3 Localización de los inversores

Los inversores estarán instalados en los espacios disponibles entre las filas de paneles solares con el fin de disminuir longitud en el cableado de continua. Esto es posible ya que su escasa altura 0,68m lo permite al no proyectar sombra sobre las placas adyacentes.

Las dimensiones totales del Sunny Tripower 2000TL son:

- Altura: 0,68m
- Ancho: 0,665m
- Anchura: 0,265m

Se instalará un total de 4 inversores, dispuestos tal y como se indica en la tabla siguiente.

Inversor	Numero de ramas	Numero placas
1	4	22
2	3	22
3	3	22
4	4	20

Tabla 1 distribución de las placas

Su posición está detallada en los planos.

2.4 Localización de conductores

Los conductores serán instalados enterrados bajo tubo, a una profundidad de 0.7 m en su totalidad a excepción de los tramos de conexión.

Los planos están disponibles en los anexos.

2.5 Localización de protecciones

Las protecciones de las líneas de corriente continua están situadas en una caja a la entrada de los inversores. Mientras que las protecciones de alterna están situadas a la entrada del cuadro de protección y medida el cual está situado como se muestra a continuación.

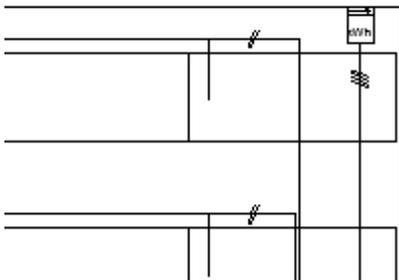


Ilustración 9 cuadro de medida

3. Diseño eléctrico de la instalación

3.1 Criterios de diseño

La instalación se ha realizado siguiendo los siguientes criterios.

- Optimización de la potencia eléctrica generada, teniendo en cuenta las limitaciones de área que tenemos
- Obtener el mayor rendimiento posible mediante el equilibrado de líneas
- Utilización de inversores diferentes para evitar el fallo total de la planta
- Respetar los parámetros mínimos y máximos de los elementos eléctricos.

3.1.1 Cálculos de sombra

Con el fin de aprovechar toda la energía disponible se realiza un estudio de las proyecciones de sombra. Para conocer la distancia mínima para evitar la bajada de rendimiento por culpa de las sombras de los paneles contiguos.

Para calcular la distancia mínima entre una fila y la siguiente seguimos los siguientes pasos:

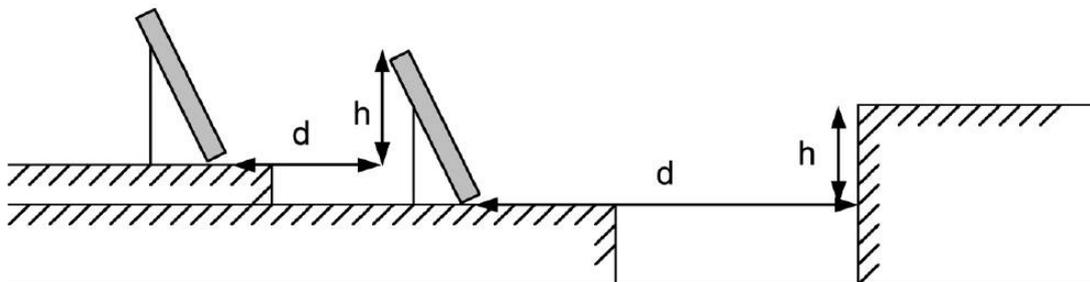


Ilustración 10 cálculo de distancia mínima

$$d = \frac{h}{\tan(61^\circ - \Phi)}$$

Siendo:

h = la altura de la placa respecto a la horizontal

Φ = latitud del lugar

d = distancia mínima

Los resultados obtenidos son:

Distancia entre placas = 83 cm

Proyección horizontal cada placa = 0. 87 cm

3.2 Componentes eléctricos

3.2.1 paneles eléctricos

El criterio para la elección de los paneles solares a instalar es obtener la mayor energía en un terreno predeterminado. Por ello los paneles elegidos son los cristalinos de silicio mono cristalino.

La empresa distribuidora elegida es Artesa por los siguientes motivos.

- Ser una empresa española con sede y fábrica en Almusafes (Valencia)
- Ser una empresa con 36 años de experiencia en el sector
- Disponer de una amplia garantía, 10 años en fallos técnicos y 25 años en rendimiento.
- Tener unos precios competitivos

El modelo elegido es A-310P GSE cuyas características están detalladas a continuación

A-xxxP GSE (xxx = potencia nominal)

Características eléctricas

	280 W	285 W	290 W	295 W	300 W	305 W	310 W
Potencia Máxima (Pmax)	280 W	285 W	290 W	295 W	300 W	305 W	310 W
Tensión Máxima Potencia (Vmp)	35.59 V	35.83 V	36.07 V	36.38 V	36.74 V	37.06 V	37.32 V
Corriente Máxima Potencia (Imp)	7.88 A	7.96 A	8.04 A	8.11 A	8.17 A	8.24 A	8.31 A
Tensión de Circuito Abierto (Voc)	44.12 V	44.35 V	44.53 V	44.76 V	45.09 V	45.40 V	45.72 V
Corriente en Cortocircuito (Isc)	8.41 A	8.48 A	8.57 A	8.65 A	8.72 A	8.80 A	8.87 A
Eficiencia del Módulo (%)	14.39	14.65	14.91	15.17	15.42	15.68	15.94
Tolerancia de Potencia (W)				0/+5			
Máxima Serie de Fusibles (A)				15			
Máxima Tensión del Sistema				DC 1000 V (IEC) / DC 600 V (UL)			
Temperatura de Funcionamiento Normal de la Célula (°C)				46±2			

Características eléctricas medidas en Condiciones de Test Standard (STC), definidas como: Irradiación de 1000 w/m², espectro AM 1.5 y temperatura de 25 °C.
Tolerancias medida STC: ±3% (Pmp); ±10% (Isc, Voc, Imp, Vmp).

Ilustración 11 características eléctricas placas

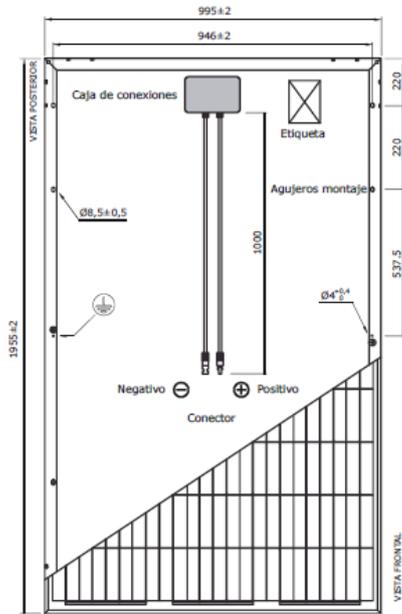
Especificaciones mecánicas

Dimensiones (± 2.0 mm.)	1955x995x50 mm.
Peso	23.5 kg
Máx. carga estática, frontal (nieve y viento)	5400 Pa
Máx. carga estática, posterior (viento)	2400 Pa

Materiales de construcción

Cubierta frontal (material/tipo/espesor)	Cristal templado/grado PV/3.2 mm.
Células (cantidad/tipo/dimensiones)	72 células (6x12)/Policristalina/156 x 156 mm.
Marco (material/color)	Aleación de aluminio anodizado/plata
Caja de conexiones (protección/nº diodos)	IP65/3 diodos
Cable (longitud/sección)/ Conector	1000 mm./ 4 mm ² / Compatible MC4

Vista genérica construcción módulo



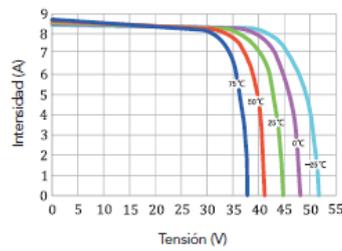
Características de temperatura

Coef. Temp. de Isc (TK Isc)	0.07% /°C
Coef. Temp. de Voc (TK Voc)	-0.30% /°C
Coef. Temp. de Pmax (TK Pmax)	-0.38% /°C
Temperatura de Funcionamiento	-40 a +85 °C

Embalaje

Módulos/palé	20 pzas
Palés/contenedor 40'	22 pzas
Módulos/contenedor 40'	440 pzas

Temperatura Varía (A-290P GSE)



Irradiación Varía (A-290P GSE)

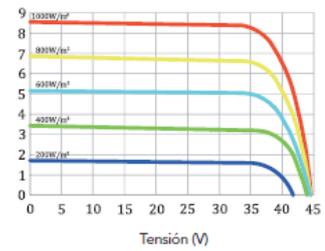


Ilustración 12 características mecánicas placas

3.2.2 inversores

El criterio para la elección de inversores es el rendimiento y unas características adecuadas. Los inversores elegidos son de la empresa SMA concretamente el modelo Sunny Tripower 2000TL. Las características de dichos inversores están detalladas a continuación.

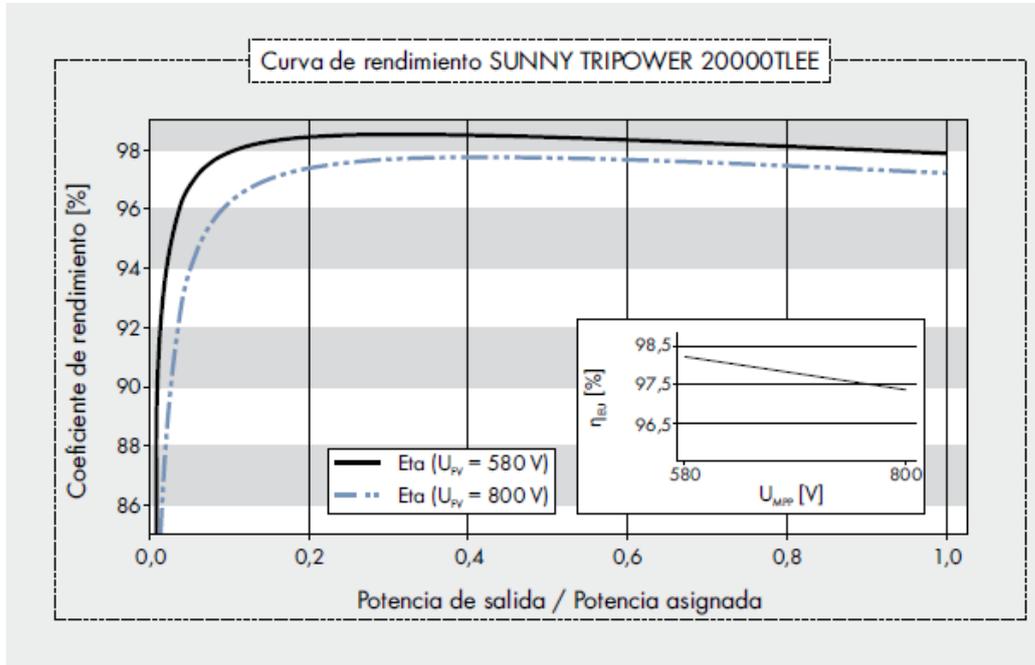


Ilustración 13 curva rendimiento inversor

Datos técnicos provisionales	Sunny Tripower 20000TL
Entrada (CC)	
Potencia máxima de CC (con $\cos \phi = 1$)	20450 W
Tensión de entrada máx.	1000 V
Rango de tensión del punto de máxima potencia con una tensión de red de 230 V / tensión asignada de entrada	580 V - 800 V / 580 V
Tensión de entrada mín. / tensión de entrada de inicio	570 V / 620 V
Corriente máx. de entrada	36 A
Corriente máx. de entrada por string	36 A
Número de entradas de punto de máxima potencia (MPP) independientes / strings por entrada de punto de máxima potencia (MPP)	1 / 6
Salida (CA)	
Potencia asignada (a 230 V, 50 Hz)	20000 W
Potencia aparente de CA máxima	20000 VA
Tensión nominal de CA	3 / N / PE, 230 V / 400 V
Rango de tensión nominal de CA	160 V - 280 V
Frecuencia de red de CA / rango	50 Hz, 60 Hz / -6 Hz, +5 Hz
Frecuencia asignada de red / tensión asignada de red	50 Hz / 230 V
Corriente máx. de salida	29 A
Factor de potencia a potencia asignada	1
Factor de desfase ajustable	0 inductivo ... 0 capacitivo
Fases de inyección / fases de conexión	3 / 3
Rendimiento	
Rendimiento máx. / rendimiento europeo	98,5% / 98,2%

Ilustración 14 características inversor

3.2.3 Contador de energía

El contador elegido es el IF CIT/C de la empresa “Cahors”. Este contador cumple con toda la normativa exigida por la empresa suministradora y cumple toda la normativa necesaria.

Las características técnicas están detalladas a continuación.

IF CIT/C

INSTALACION EXTERIOR EMPOTRADA

Características:

- Armarios fabricados en poliéster reforzado con fibra de vidrio, color gris RAL 7035.
- Cierres de tres puntos con fallebas en perfil de aluminio con posibilidad de bloqueo por candado.
- Etiqueta de riesgo eléctrico tamaño AE-05.
- Placas fondo mecanizadas para el montaje de un contador trifásico, transformadores de intensidad, bases portafusibles e interruptor.
- Bases unipolares cerradas BUC tamaño 1 de 250 A, según NI 76.01.02.
- Velo transparente de policarbonato en el cuerpo de transformadores y de bases e interruptor.
- Espacio, alimentación y protección para módem, en el modelo -MD.
- Cable conductor de cobre rígido clase 2 tipo H07Z-R.
- Tornillería de fijación contadores en latón.
- Interruptor de corte en carga de 250 A IV polos.
- Grado de protección IP43, según UNE 20 324.
- Grado de protección contra impactos IK09, según UNE 50 102.
- Clase térmica A, según UNE 21 305.
- Material no higroscópico. Absorción de la humedad prácticamente nula.
- Material resistente al calor anormal y al fuego, según UNE 20 672/2-1 y a los álcalis.
- Rigidez dieléctrica >5 kV.
- Resistencia aislamiento >5 megaohmios.
- Resistencia a la corrosión y excelente comportamiento a los agentes climáticos y temperaturas extremas.



Ilustración 15 ficha técnica contador

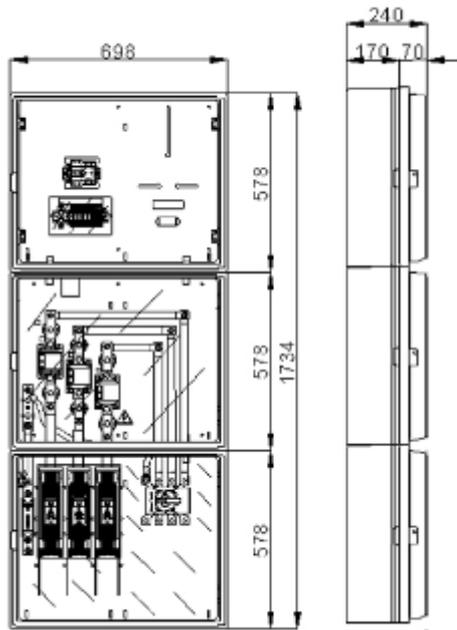


Ilustración 16 esquema armario de medida

3.2.4 Cálculos de sección

El primer criterio a estudiar es la caída de tensión. Esta debe ser inferior a 1.5% y es calculada por la formula siguiente.

En caso de la línea trifásica.

$$S = \frac{L P}{C E V}$$

Siendo

S = sección en mm²

L = longitud en m

P = potencia en w

C= conductividad eléctrica, en este caso 44 por ser cobre a 90º

E= caída de tensión en V

V= tensión en V

rama de alterna	distancia (m)	potencia (w)
	39	93000
Tensión	400	
cdt máx.	6	
C	44	

sección mín.	sección
34,35	35

cos fi	1,00
Intensidad	134,23

Tabla 2 Cálculo de sección de la línea de alterna

En caso de la línea de corriente continua.

$$S = \frac{2 L P}{C E V}$$

Siendo

S = sección en mm²

L = longitud en m

P = potencia en w

C= conductividad eléctrica, en este caso 44 por ser cobre a 90º

E= caída de tensión en V

V= tensión en V

inversor 1	distancia (m)	potencia	inversor 2	distancia (m)	potencia
rama 1	44	6820	rama 1	48	6820
rama 2	50	6820	rama 2	50	6820
rama 3	48	6820	rama 3	50	6820
rama 4	52	6820			
p inv	27280		p inv	20460	
nº placas	22		nº placas	22	
Tensión	820,6		Tensión	820,6	
cdt máx	12,31		cdt máx	12,31	
C	44		C	44	
	sección mín	sección		sección mín	sección
rama 1	1,35	1,50	rama 1	1,47	1,50
rama 2	1,53	2,50	rama 2	1,53	2,50
rama 3	1,47	1,50	rama 3	1,53	2,50
rama 4	1,60	2,50			

Tabla 3 Cálculo de sección de las líneas de continua 1

inversor 3	distancia (m)	potencia	inversor 4	distancia (m)	potencia
rama 1	48	6820	rama 1	43	6200
rama 2	46	6820	rama 2	42	6200
rama 3	48	6820	rama 3	42	6200
			rama 4	43	6200
p inv	20460		p inv	24800	
nº placas	22		nº placas	20	
Tensión	820,6		Tensión	746	
cdt máx	12,31		cdt máx	11,19	
C	44		C	44	
	sección mín	sección		sección mín	sección
rama 1	1,47	1,50	rama 1	1,20	1,50
rama 2	1,41	1,50	rama 2	1,17	1,50
rama 3	1,47	1,50	rama 3	1,17	1,50
			rama 4	1,20	1,50

Tabla 4 Cálculo de sección de las líneas de continua 2

A continuación, vamos a comprobar que las secciones calculadas por caída de tensión son válidas por criterio térmico.

Línea de alterna:

Para ello la intensidad que circula por el cable debe ser menor a la admitida por dicha sección. (según tabla A-52.2 bis de la norma une 20460-5-523)

Tabla 3:	INTENSIDAD ADMISIBLE (EN AMPERIOS), PARA CABLES SOTERRADOS BAJO TUBO (TENSIÓN ASIGNADA HASTA 0,6/1kV)			
	Aislamiento de XLPE o EPR			
	3 unipolares o 1 tripolar		2 unipolares o 1 tripolar	
SECCIÓN	Cobre	Aluminio	Cobre	Aluminio
1,5	23	-	27	-
2,5	30	23	36	27
4	39	30	46	36
6	48	37	58	44
10	64	49	77	58
16	82	62	100	77
25	105	82	130	98
35	130	98	155	120
50	155	115	183	139
70	190	145	225	170
95	225	175	265	205
120	260	200	305	230
150	300	230	340	265
185	335	260	385	295
240	400	305	440	340
300	455	350	500	385
400	530	405	570	445
500	610	465	660	510
630	710	530	735	575

Ilustración 17 intensidad admisible tubo enterrado

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos \varphi}$$

Usando un factor de potencia de 1 da una intensidad de 134.25.

No es necesario aplicar ningún factor de corrección por las condiciones de instalación por estar en las condiciones estándar recogidas en la tabla anterior. Sin embargo, sí que es necesario aplicar un factor por ser instalación solar. $134.25/0.53 = 253$.

Por lo tanto, la sección a utilizar es de 120.mm².

Líneas de continua:

La intensidad máxima de los inversores es de 8.31A. Aplicando el coeficiente necesario es 15.6A. Por lo que la sección calculada con anterioridad es válida según la normativa (tabla A-52.2 bis de la norma UNE 20460-5-523)

Tabla 3:	INTENSIDAD ADMISIBLE (EN AMPERIOS), PARA CABLES SOTERRADOS BAJO TUBO (TENSIÓN ASIGNADA HASTA 0,6/1kV)			
	Aislamiento de XLPE o EPR			
	3 unipolares o 1 tripolar		2 unipolares o 1 tripolar	
SECCIÓN	Cobre	Aluminio	Cobre	Aluminio
1,5	23	-	27	-
2,5	30	23	36	27
4	39	30	46	36
6	48	37	58	44
10	64	49	77	58
16	82	62	100	77
25	105	82	130	98
35	130	98	155	120
50	155	115	183	139
70	190	145	225	170
95	225	175	265	205
120	260	200	305	230
150	300	230	340	265
185	335	260	385	295
240	400	305	440	340
300	455	350	500	385
400	530	405	570	445
500	610	465	660	510
630	710	530	735	575

Ilustración 18 intensidad admisible tubo enterrado

No es necesario aplicar ningún factor de corrección por estar en las condiciones estándar recogidas en la tabla anterior.

Por normativa la sección mínima para enterrar es 6mm^2 por lo que subimos a esa sección todas las líneas de continua.

3.2.5 Resumen secciones

Resumen secciones		
Inv. 1	S(mm ²)	longitud (m)
rama 1	6,00	121
rama 2	6,00	133
rama 3	6,00	129
rama 4	6,00	137
Inv. 2		
rama 1	6,00	129
rama 2	6,00	133
rama 3	6,00	133
Inv. 3		
rama 1	6,00	129
rama 2	6,00	125
rama 3	6,00	129
inversor 4		
rama 1	6,00	116
rama 2	6,00	114
rama 3	6,00	114
rama 4	6,00	116
línea alterna	120	28

Tabla 5 resumen de secciones

3.2.6 Protecciones corriente continua

Las protecciones contra sobre intensidades y sobretensiones, de las ramas situadas entre las placas generadoras y los inversores, están situadas a las entradas de los inversores. Con un total de 14.

Dichas protecciones están compuestas por:

- Caja, con las características exigidas en la norma IEC60670.
- Embarrado
- Descargador contra sobre tensiones
- Fusible clase gL con su seccionador correspondiente
- Interruptor de corte cc
- Descargador marca Dehn, modelo DG Y PV 1000

3.2.7 Protecciones corriente alterna

Las protecciones contra sobrecorrientes y sobretensiones, de la línea situada entre la salida de los inversores y los elementos de medida, están situadas a la entrada del contador.

Dichas protecciones están compuestas por:

- Caja, con las características exigidas en la norma IEC60670.
- Interruptor magneto térmico modular calibrado a 150A (poder de corte 16 kA, curva B). Marca Schneider modelo Compact NG160
- Interruptor diferencial Marca Schneider modelo RH10M (con sensibilidad 30mA)
- Las conexiones necesarias
- Descargador marca modelo DEHN Guard TT 230 400

3.2.8 Cálculo de diámetros de tubos

Para el cálculo del diámetro del tubo usamos la ITC_BT_21 concretamente la tabla 9 situada a continuación:

Tabla 9. Diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir.

Sección nominal de los conductores unipolares (mm ²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	≤ 6	7	8	9	10
1,5	25	32	32	32	32
2,5	32	32	40	40	40
4	40	40	40	40	50
6	50	50	50	63	63
10	63	63	63	75	75
16	63	75	75	75	90
25	90	90	90	110	110
35	90	110	110	110	125
50	110	110	125	125	140
70	125	125	140	160	160
95	140	140	160	160	180
120	160	160	180	180	200
150	180	180	200	200	225
185	180	200	225	225	250
240	225	225	250	250	--

Ilustración 19 Tabla diámetros tubos

Según la tabla, se usará un diámetro de 50 mm para los cables de sección 6 mm² y

3.3 Protecciones

En el apartado actual trataremos sobre los sistemas de seguridad necesarios en la instalación. El criterio principal es desconexión de los mínimos elementos en caso de fallo.

3.3.1 Toma de tierra

La conexión de tierra es la unión directa, de los elementos que si no es en caso de fallo no están bajo tensión. Dicha instalación tiene la finalidad de permitir el paso en caso de una descarga por fallo de aislamiento o por una descarga atmosférica.

La red equipotencial estará formada por un perímetro de cable de cobre desnudo de sección 35mm². A una profundidad de 0.5m. Esto cumple con la ITC_BT_24.

3.3.2 Protección ante contacto directo

En nuestra planta solar se tomará las medidas detalladas a continuación:

- Aislamiento de las zonas bajo tensión
- Limitación de entrada a personas ajenas a la instalación a todo el recinto y cerraduras en todos los cuadros y armarios.

3.3.3 Protección ante contacto indirecto

Compuesto por la toma de tierra detallada con anterioridad de los elementos metálicos de la instalación que en condiciones normales no están bajo tensión. Aunque si lo podrían estar en caso de fallo.

En la línea de alterna se protege mediante el diferencial mencionado con anterioridad con una sensibilidad de 30mA.

3.3.4 Protección ante sobrecargas

En la parte de alterna se protegerá mediante el uso de un interruptor automático magnetotérmico. Mientras que en las líneas de corriente continua se protegerá mediante el uso de fusibles tipo gL.

3.3.5 Protección ante cortocircuito

Se protegerá los elementos instalados mediante el uso de fusible calibrados en la zona de corriente continua y con interruptores automáticos en la parte de corriente alterna. El calibre de las protecciones se calculará mediante la siguiente expresión:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

Siendo:

- I_B es la intensidad nominal de la carga
- I_N es el calibre del dispositivo de protección
- I_Z es la intensidad máxima admitida por el conductor

3.3.6 Aislamiento galvánico

Consiste en la separación eléctrica entre la red eléctrica y la instalación generadora. Se realiza mediante un transformador integrado en el inversor, cumpliendo la normativa correspondiente, (UNE 60742).

3.3.7 Control de armónicos y compatibilidad electromagnética

De este campo se encarga el inversor cumpliendo la normativa vigente. En este caso:

- Real Decreto 1663/2000
- RBT ITC-BT 40

3.3.7 Variaciones de tensión y frecuencia en la red

Según el Real Decreto 1663/2000 la instalación está obligada a mantener los siguientes valores:

- Mínima y máxima tensión: entre 0,85 y 1,1 veces la nominal.
- Mínima y máxima frecuencia: entre 49 Hz y 51 Hz.

Ambas con reconexión automática. De lo cual se encarga el inversor de forma autónoma.

3.4 Bibliografía

<https://ingelibreblog.wordpress.com/2014/01/18/calculo-de-la-distancia-minima-entre-placas-solares/>

<http://www.atersa.com/img/20141027101340.pdf>

<http://www.sma.de/es/productos/inversor-fotovoltaico/sunny-tripower-15000tl-20000tl-25000tl.html>

<http://www.cahors.es/index.php?ap=productos&subap=equioscompanyiaficha&company=8&id=515&expanddiv=223,a226>

tabla A-52.2 bis de la norma une 20460-5-523

4: Estudio energético

4.1 cálculos energéticos

En esta parte del proyecto tratamos de calcular la futura producción anual de la planta con el fin de realizar el estudio económico pertinente.

Los cálculos para la realización de este estudio se realizarán mediante "Orient sol" una extensión del programa Matlab.

La radiación global diaria mensual en el plano horizontal en $\frac{kW}{m^2 \text{ día}}$ es la indicada en la siguiente tabla:

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
2,32	3,09	4,34	5,26	6,37	6,89
Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
6,91	6,09	4,93	3,71	2,38	2,07

Tabla 6 media mensual de producción

Las siguientes tablas son la radiación global diaria mensual en función de la inclinación

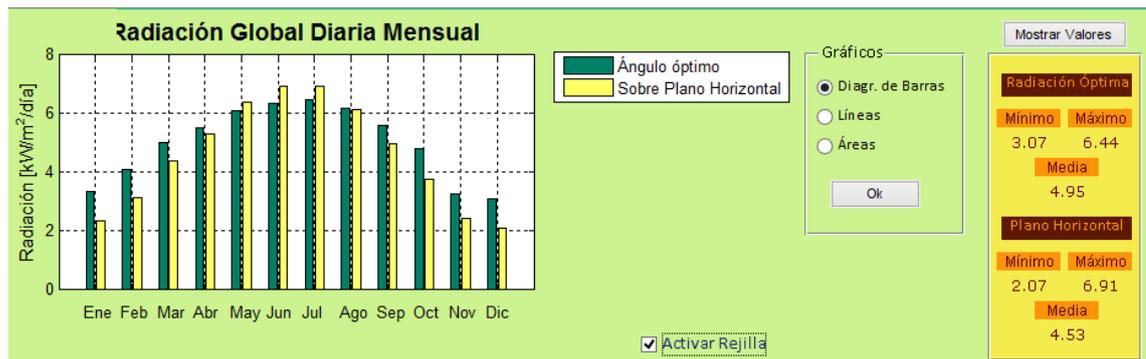


Ilustración 20 gráfico radiación global según la inclinación

	Gdm (0 °)	Gdm (10 °)	Gdm (20 °)	Gdm (30 °)	Gdm (40 °)	Gdm (50 °)	Gdm (60 °)	Gdm (70 °)	Gdm (80 °)	Gdm (90 °)
Enero	2.32	2.66	3.02	3.3	3.5	3.62	3.65	3.59	3.45	3.21
Febrero	3.09	3.48	3.82	4.07	4.23	4.28	4.24	4.09	3.85	3.52
Marzo	4.34	4.59	4.85	4.99	5.02	4.94	4.74	4.44	4.04	3.55
Abril	5.26	5.41	5.5	5.46	5.13	4.88	4.53	4.08	3.56	2.97
Mayo	6.37	6.33	6.27	6.08	5.51	5.11	4.59	3.99	3.06	2.41
Junio	6.89	6.73	6.59	6.31	5.63	5.15	4.55	3.55	2.9	1.87
Julio	6.91	6.81	6.7	6.44	5.79	5.32	4.73	4.05	3.06	2.34
Agosto	6.09	6.2	6.25	6.15	5.71	5.37	4.92	4.37	3.72	2.79
Septiembre	4.93	5.25	5.48	5.58	5.41	5.27	5	4.62	4.14	3.57
Octubre	3.71	4.13	4.51	4.78	4.93	4.97	4.88	4.68	4.37	3.95
Noviembre	2.38	2.66	2.97	3.22	3.39	3.48	3.48	3.4	3.24	3.01
Diciembre	2.07	2.43	2.78	3.07	3.28	3.41	3.46	3.42	3.3	3.1
MEDIA	4.53	4.72	4.89	4.95	4.79	4.65	4.4	4.02	3.56	3.02

Ilustración 21 tabla radiación global según la inclinación

Suponiendo un rendimiento de un 80% obtenemos una producción anual de:

Calculo de producción anual
media producción diaria (kWh/m ²)
4,95
superficie total (m ²)
595,51
rendimiento (%)
80
producción anual (kWh)
860746,54
precio venta a la red (kWh)
0,05 €
beneficio anual
43.037,33 €

Tabla 7 ingresos anuales

4.2 bibliografía

Los cálculos han sido elaborados mediante la extensión de Matlab “Orient sol” creada por Miriam Jiménez Torrez.

Documento nº2: Cálculos

1 Introducción

En este apartado se explicará con detalle los cálculos realizados para correcta realización y funcionamiento de la instalación de este proyecto.

2 Ubicación de placas

Es proyecto se inició mediante el cálculo de sombras con el fin de calcular el número de paneles que es posible instalar en nuestro terreno sin perdidas de rendimiento producidas por las sombras. Esto se realiza usando las siguientes formulas.

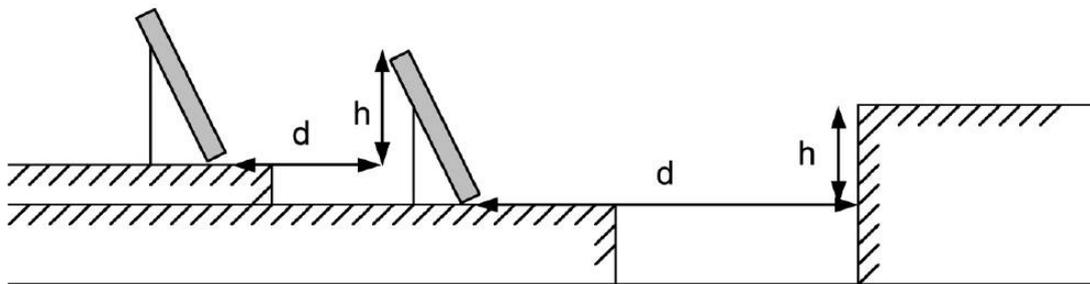


Ilustración 22 cálculo de distancia mínima

$$d = \frac{h}{\tan(61^\circ - \Phi)}$$

Siendo:

h = la altura de la placa respecto a la horizontal

Φ = latitud del lugar

d = distancia mínima

Los resultados obtenidos son:

Distancia entre placas = 83 cm

Proyección horizontal cada placa = 0. 87 cm

Dando un total de 300 placas distribuidas en 20 filas y 15 columnas.

3 Cálculos de elementos eléctricos

Datos:

- potencia pico de cada panel 310w.
- Potencia máxima de cada inversor 20kW.
- Tensión máxima de cada inversor 1000V
- Tensión de pico de cada placa 40V
- Numero inversores 4
- Numero de entrada por inversor 4
- Numero de inversores por placa

$$n = \frac{V_{inv}}{V_{placa}}$$

4 Cableado

El primer criterio a estudiar es la caída de tensión. Esta debe ser inferior a 1.5% y es calculada por la formula siguiente.

En caso de la línea trifásica.

$$S = \frac{L P}{C E V}$$

Siendo

S = sección en mm²

L = longitud en m

P = potencia en w

C= conductividad eléctrica, en este caso 44 por ser cobre a 90º

E= caída de tensión en V

V= tensión en V

En caso de la línea de corriente continua.

$$S = \frac{2 L P}{C E V}$$

Siendo

S = sección en mm²

L = longitud en m

P = potencia en w

C= conductividad eléctrica, en este caso 44 por ser cobre a 90º

E= caída de tensión en V

V= tensión en V

En el criterio térmico hemos calculado la intensidad para compararla con la admisible con las siguientes formulas:

Trifásica:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos \varphi}$$

Monofásica:

$$I = \frac{P}{V * \cos \varphi}$$

No se ha considerado ningún factor de sobredimensionamiento al considerar los criterios establecidos por la normativa pertinente suficiente.

Protección cortocircuito

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

Siendo:

- I_B es la intensidad nominal de la carga
- I_N es el calibre del dispositivo de protección
- I_Z es la intensidad máxima admitida por el conductor

5 Protecciones

Para el cálculo de protecciones de utilizar la siguiente formula:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

Siendo:

- I_B es la intensidad nominal de la carga
- I_N es el calibre del dispositivo de protección
- I_Z es la intensidad máxima admitida por el conductor

6 Producción esperada

Con el fin de calcular la energía generada durante un año nos basaremos en la siguiente formula:

$$E_{anual} = E_m C_o \eta 365$$

Siendo:

E_{anual} = producción esperada (kWh)

E_m = producción media diaria en horizontal (kWh)

C_o = Coeficiente de inclinación

η = rendimiento de la instalación. (tanto por uno)

7 Ingresos esperados

No es posible calcular con exactitud los ingresos producidos por una instalación de estas características, ya que el cálculo de producción esperado es aproximado y el precio de venta es regulado por factores políticos y económicos difíciles de prever. En este estudio se ha usado la siguiente fórmula para calcularlo.

$$Ingresos = E_{anual} P$$

Siendo:

$Ingresos$ = beneficios netos sin contar impuestos ni gastos de mantenimiento (€)

E_{anual} = producción esperada (kWh)

P = Precio esperado (€/kWh)

Documento nº3: Estudio económico

1 Estudio económico

En este apartado se trata en responder a la pregunta ¿esta inversión es económicamente rentable? Las características de este tipo de plantas como inversión son las siguientes:

- Muy baja rentabilidad
- Nula liquidez
- Riesgo pequeño

En el presente documento se realizará el estudio durante los 25 primeros años, aunque la vida útil media de los paneles y equipos electrónicos suele ser mayor a dicho tiempo.

La tabla de a continuación muestra un resumen de los datos de la instalación, así como algunos datos significativos necesarios para conocer la variación de los beneficios económicos previstos durante la vida productiva de la planta:

Resumen		
Parámetro	Unidad	Numero
Potencia instalada	kW	93
Coste total	€	558.150,73
Coste por producción	€/kW	6.001,62
Precio de venta	€	0,05
Energía media producida	kWh	860750
Beneficio anual	€	43.037,50 €

Tabla 8 resumen datos económicos

2 Ingresos y gastos

En el presente apartado se realizará un estudio de la evolución económica de la planta generadora durante los primeros 25 años de su vida.

- ingresos

Es el dinero obtenido de la venta de la producción calculada durante el transcurso del año.

- Gastos de mantenimiento y explotación

Consta del precio del total de gastos de los trabajos de mantenimiento de la instalación durante su normal funcionamiento en el transcurso de un año. Ya que es imposible de calcular con exactitud la cantidad exacta se toma un 0.25% de la inversión inicial.

- Balance anual

Es calculado al restar los gastos anuales a los ingresos obtenidos durante un año.

- Balance acumulado

Su valor es obtenido al sumar los balances anuales de los años anteriores. En el último balance acumulado se obtiene el beneficio obtenido previsto durante la duración del estudio presente.

En las tablas mostradas a continuación se muestra los valores obtenidos con los cálculos explicados con anterioridad.

Resumen económico					
AÑO	Nº	INGRESOS (€)	GASTOS	BALANCE	B. ACUMULDO
	0				-558.150,73 €
2018	1	43.037,50 €	1.395,38 €	41.642,12 €	-516.508,61 €
2019	2	43.037,50 €	1.395,38 €	41.642,12 €	-474.866,49 €
2020	3	43.037,50 €	1.395,38 €	41.642,12 €	-433.224,36 €
2021	4	43.037,50 €	1.395,38 €	41.642,12 €	-391.582,24 €
2022	5	43.037,50 €	1.395,38 €	41.642,12 €	-349.940,12 €
2023	6	43.037,50 €	1.395,38 €	41.642,12 €	-308.297,99 €
2024	7	43.037,50 €	1.395,38 €	41.642,12 €	-266.655,87 €
2025	8	43.037,50 €	1.395,38 €	41.642,12 €	-225.013,75 €
2026	9	43.037,50 €	1.395,38 €	41.642,12 €	-183.371,62 €
2027	10	43.037,50 €	1.395,38 €	41.642,12 €	-141.729,50 €
2028	11	43.037,50 €	1.395,38 €	41.642,12 €	-100.087,38 €
2029	12	43.037,50 €	1.395,38 €	41.642,12 €	-58.445,26 €
2030	13	43.037,50 €	1.395,38 €	41.642,12 €	-16.803,13 €
2031	14	43.037,50 €	1.395,38 €	41.642,12 €	24.838,99 €
2032	15	43.037,50 €	1.395,38 €	41.642,12 €	66.481,11 €
2033	16	43.037,50 €	1.395,38 €	41.642,12 €	108.123,24 €
2034	17	43.037,50 €	1.395,38 €	41.642,12 €	149.765,36 €
2035	18	43.037,50 €	1.395,38 €	41.642,12 €	191.407,48 €
2036	19	43.037,50 €	1.395,38 €	41.642,12 €	233.049,61 €
2037	20	43.037,50 €	1.395,38 €	41.642,12 €	274.691,73 €
2038	21	43.037,50 €	1.395,38 €	41.642,12 €	316.333,85 €
2039	22	43.037,50 €	1.395,38 €	41.642,12 €	357.975,98 €
2040	23	43.037,50 €	1.395,38 €	41.642,12 €	399.618,10 €
2041	24	43.037,50 €	1.395,38 €	41.642,12 €	441.260,22 €
2042	25	43.037,50 €	1.395,38 €	41.642,12 €	482.902,35 €

Tabla 9 Resumen económico

En la tabla se observa que la instalación empieza a ser rentable a partir del año 14, en el caso de que se pusiera en funcionamiento durante 2018 sería el 2031.

En el grafico presente a continuación se observa el balance acumulado en función de los años transcurridos desde la puesta en funcionamiento de la instalación.

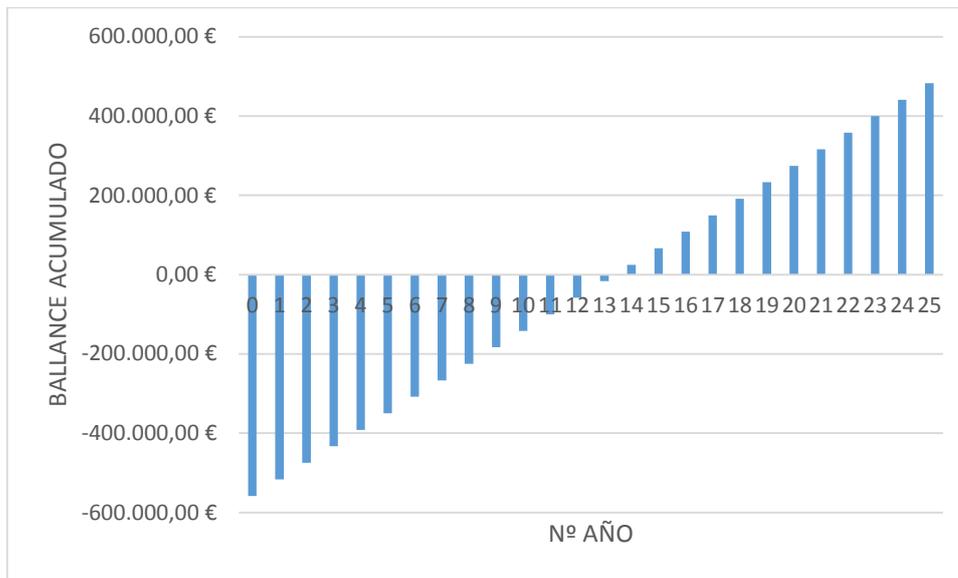


Ilustración 23 Balance acumulado

3 Impacto ambiental

3.1 Impacto medioambiental

El impacto medioambiental de un huerto solar, como el detallado en este proyecto es realmente bajo. Y sobre todo se da en la fabricación de los materiales utilizados para su montaje.

1.1 Impacto debido a la producción

- Ruidos:
No existe ningún ruido audible por el oído humano
- Gases emitidos
No se emite ningún gas a la atmosfera
- Daños a la fauna y flora
No hay ningún daño ni a la fauna ni la flora
- Residuos tóxicos
No se genera ningún residuo contaminante

1.1 Impacto debido a la fabricación de componentes

Es en esta parte del proceso donde se emite gases contaminantes y se producen vertidos al sistema de saneamiento.

Para la eliminación de los residuos contaminantes de los procesos de fabricación se debe cumplir con los artículos indicados en el Real Decreto 833/1988 y para los que son eliminados por el sistema de saneamiento la Ley 10/1993.

La energía consumida para la creación de los componentes es claramente inferior a la producción de la planta durante su vida útil.

1.2 Conclusión

Por lo tanto, la instalación es sostenible con los recursos naturales y respetuosa con el medio ambiente.

Documento nº4 pliego de condiciones:

1 Objeto

El objeto del pliego de condiciones es marcar las condiciones de obligado cumplimiento a cumplir por una planta solar conectada a la red eléctrica.

Este documento será aplicado a la instalación en su totalidad.

2 Generalidades

El Presente documento será aplicado solamente a las plantas cuyo fin es la venta a la red.

Las normativas aplicables a este tipo de instalaciones son las expuestas a continuación:

Leyes:

- 54/1977

Real decreto

- 2818/1998
- 2413/1973
- 663/2000
- 955/2000
- 3490/2000
- 436/2004
- 661/2007

El CTE, Código Técnico de la Edificación.

3 Definiciones

Planta fotovoltaica conectada a red

Son las plantas que generan electricidad mediante el uso de paneles generadores con el fin de inyectarla a la red.

Interruptor general automático

Mecanismo encargado de la seguridad y permitir las maniobras de conexión a la red general eléctrica.

Rama

Unión de placas solares conectadas en serie con el fin de suministrar a los inversores una tensión dentro de sus parámetros.

Inversor

La función de este elemento es transformar la tensión continua a una tensión alterna apta para su consumo.

4 Diseño

Orientación e inclinación

Tanto la orientación como la inclinación han sido calculadas por los procedimientos explicado en el presente proyecto. Estos cálculos se han realizado con el fin de conseguir el mayor rendimiento de la instalación.

Eliminar sombras

Las distancias han sido calculadas por los procedimientos explicado en el presente proyecto. Estos cálculos se han realizado con el fin de conseguir el mayor rendimiento de la instalación.

5 Componentes y materiales

5.1 Introducción

En el presente proyecto se debe tener en cuenta todos los aislamientos mínimos exigidos por las normativas vigente. Además de garantizar la calidad de materiales y construcción necesarios para evitar fallos de producción. Los cuales provocarías perdidas económicas.

Además, es necesario evitar en la medida de lo posible cualquier condición de peligro tanto de los miembros del personal de la instalación, así como de cualquier persona ajena a la explotación.

5.2 Sistemas generadores

Todos los paneles usados en la explotación deben tener visible el modelo, marca y número de serie para su identificación.

Todos los paneles usados en la explotación deben de cumplir con la normativa UNE aplicable a cada caso. En el nuestro cumple concretamente la normativa UNE-EN 61215.

Todos los paneles usados en la explotación deben cumplir las siguientes características:

- Tolerancia de potencia máxima y corriente de c.c. de un 10% a los indicados en las fichas técnicas.
- Se eliminará cualquier unidad con defectos de fábrica.
- Cualquier parte metálica de las placas estará puesta a tierra.
- Los módulos deberán estar protegidos por diodos de derivación.

5.3 Inversores

Los inversores tendrán las siguientes características:

- Protegidos frente a cortocircuitos, sobretensiones, perturbaciones de la red y frecuencias diferentes a la red.
- Modelado como fuentes de corriente
- Autoconmutados
- Los inversores tendrán que soportar las inclemencias medioambientales, es decir IP 65.

5.4 Cableado

Los cables serán del grosor calculado para cumplir con las caídas de tensión normalizada, evitar su calentamiento y cumplir con toda la normativa actual.

El aislamiento de los conductores cumplirá con la norma UNE 21123.

5.5 Puesta a tierra

En la instalación del presente proyecto se cumplirá con lo dictado por la normativa actual sobre las instalaciones de puesta a tierra en este tipo de instalaciones.

Las masas en su totalidad estarán conectada a la misma tierra. Dicha tierra será diferente y aislada de la tierra del neutro de la empresa distribidora. Todo esto cumpliendo con el reglamento vigente.

6 Pruebas

Con anterioridad a la entrega al propietario de la instalación se realizarán las siguientes pruebas.

- Marcha y correcto funcionamiento de los elementos del sistema.
- Testeo de los elementos de protección y seguridad en su totalidad.

Concluidas todas las pruebas se entrará en la fase de prueba donde tras 10 días de prueba sin fallos se pasará a la entrega final al propietario de la instalación, la limpieza y la retirada de los materiales de desecho producidos durante la obra.

Sin embargo, en el caso de que se detecte algún fallo producido por el diseño, la instalación o mala calidad del material. Sera el instalador el responsable de realizar los trabajos necesarios con el fin de asegurar el buen servicio de la instalación.

7 Requerimientos técnicos del contrato de mantenimiento

7.1 Programa de mantenimiento

El fin de este apartado, es fijar las condiciones exigidas para el mantenimiento de una planta fotovoltaica conectada a la red eléctrica.

Dentro del programa de mantenimiento es posible distinguir en dos grupos:

- Mantenimiento preventivo. El cual consta de todas las operaciones rutinarias realizadas con el fin de evitar un deterioro prematuro de cualquier componente de la planta solar.
- Mantenimiento correctivo. El cual consta de las todas las operaciones necesarias para sustituir los elementos que ya han agotado su vida útil.

Los trabajos de mantenimiento en su totalidad se realizarán por personal cualificados y revisados por la empresa instaladora.

7.2 Garantías

La instalación deberá ser reparada en caso de cualquier fallo producido por fallos del montaje o defecto de los componentes cumpliendo con los plazos mínimos de garantía. Sin ningún tipo de coste para el propietario de la instalación.

Sin embargo, en el caso de que el propietario realice alguna modificación no autorizada por el instalador autorizado. Este no será el responsable de los fallos provocados por estas modificaciones.

Documento nº 5 Presupuesto

1 Materiales

elemento	unidades	p unidad	p producto
contador	1	760,50	760,50
placas	300	365,80	109740,00
cable 6	1758	0,80	1406,40
cable 120	84	7,75	651,00
tubos 50mm	879	1,32	1160,28
tubos 160mm	28	4,21	117,88
inversor	4	5436,70	21746,80
soportes	300	266,80	80040,00
magnetotermico	1	334,77	334,77
diferencial	1	198,46	198,46
caja alterna	1	147,25	147,25
caja continua	4	147,25	589,00
fusible	28	35,00	980,00
seccionador	14	39,21	548,94
cable TT	135	4,44	599,40
descargador Guard TT 230 400	1	233,50	233,50
descargador DG Y PV 1000	20	210,94	4218,80

total material	390683,28
----------------	-----------

Tabla 10 Presupuesto materiales

2 Mano de obra

mano de obra	unidades	p unidad	p producto
colocación de paneles	300	24,00	7200,00
zanja cableado	907	150,00	136050,00
instalación cableado	1842	2,15	3960,30
elementos auxiliares	1	20000,00	20000,00
total mano de obra			
			167210,30

Tabla 11 Presupuesto mano de obra

3 Gastos imprevistos

gastos imprevistos	
0,10% del total	557,59 €

Tabla 12 Presupuesto gastos imprevistos

4 Resumen

total material	
	390382,84
total mano de obra	
	167210,30
gastos imprevistos	
	557,59 €
total	
	558.150,73 €

Tabla 13 Presupuestos resumen

Documento nº 6 Planos

1

2

3

4

5

6

A

A

B

B

C

C

D

D

E

E

F

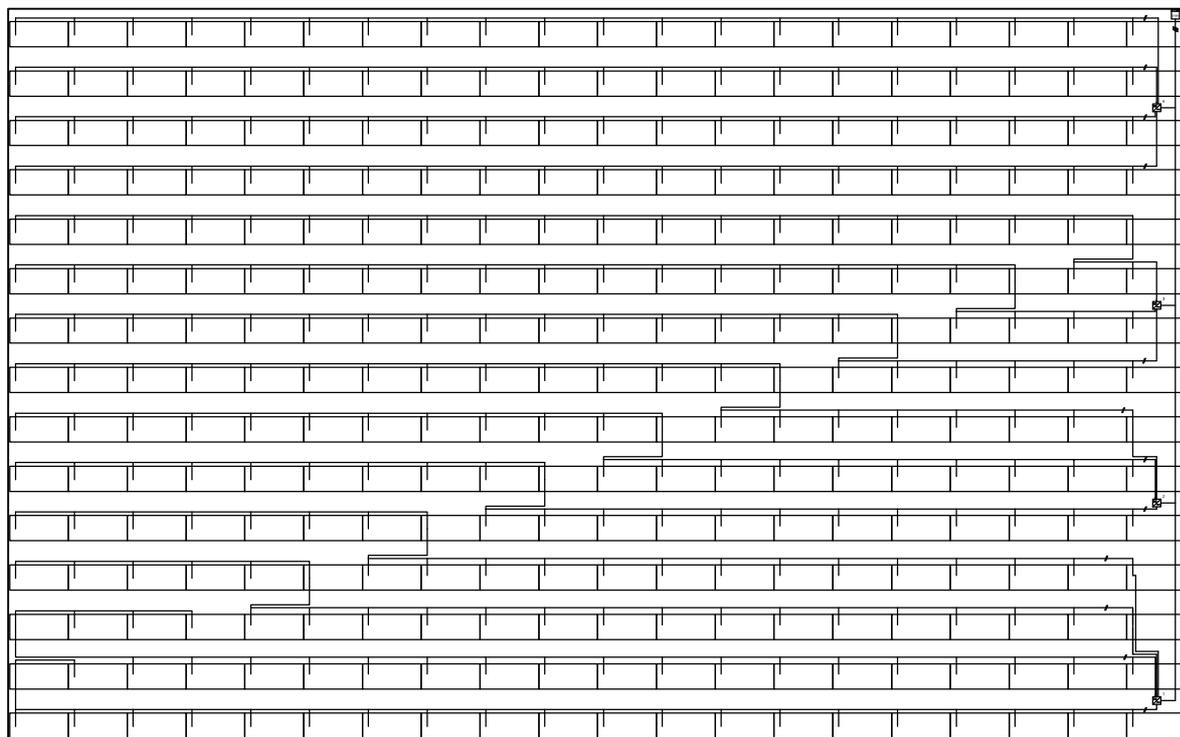
F

G

G

H

H



25

40

TÍTULO DEL TRABAJO
Planta fotovoltaica

TITULO DEL DOCUMENTO
Plano general

Fecha:
06/03/17

ESCALA
1:200

1

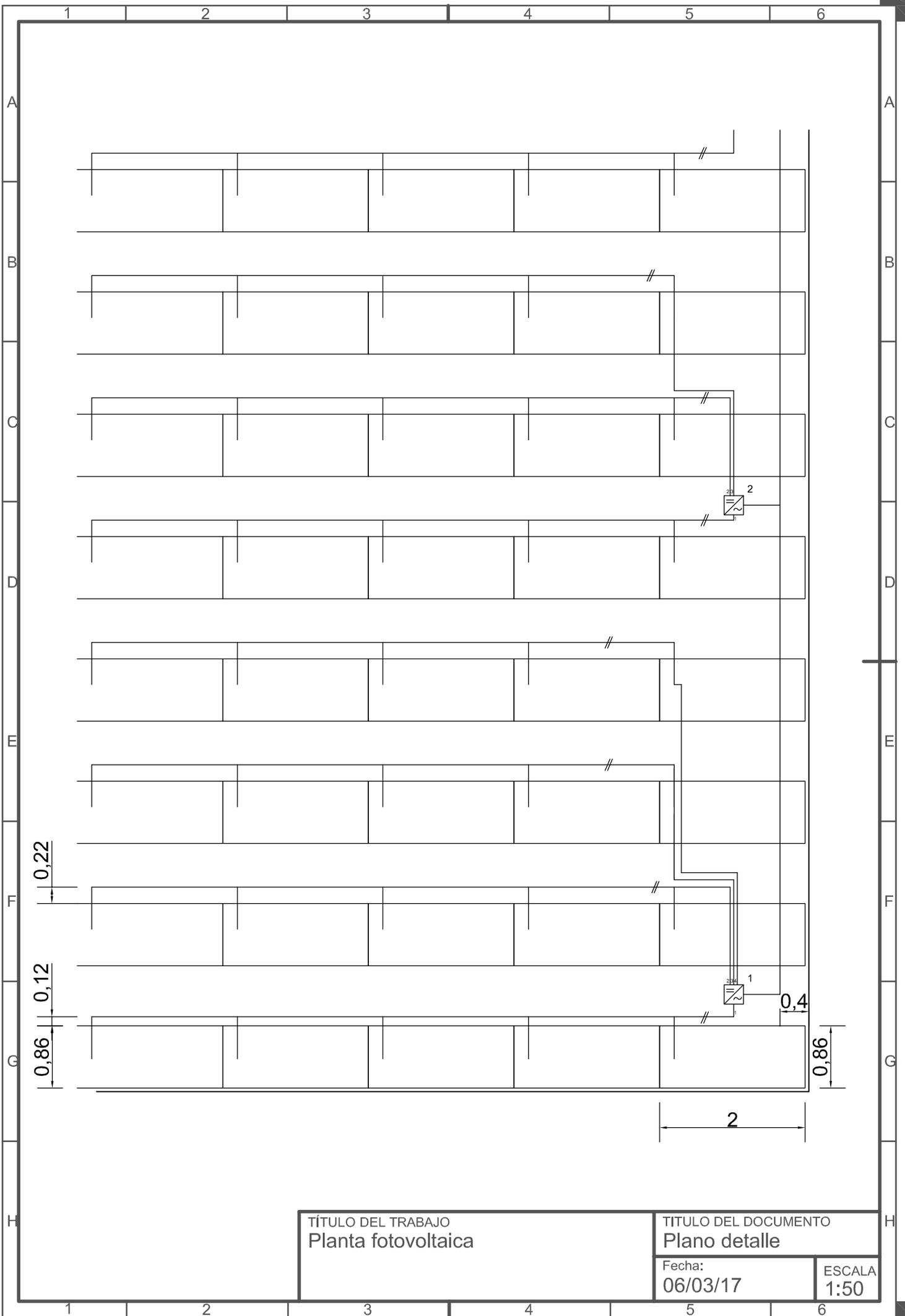
2

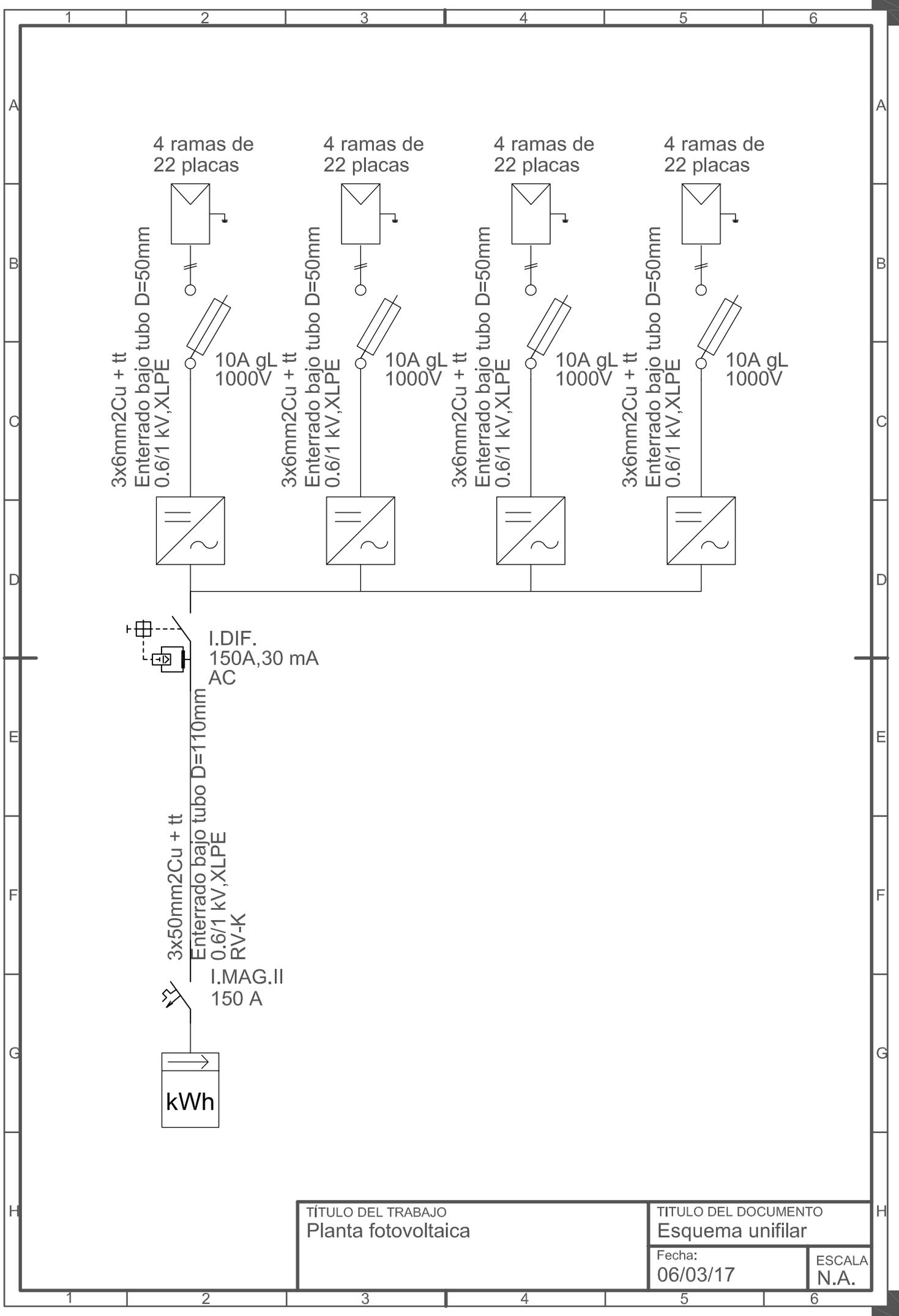
3

4

5

6





4 ramas de
22 placas

3x6mm2Cu + tt
Enterrado bajo tubo D=50mm
0.6/1 kV, XLPE

3x6mm2Cu + tt
Enterrado bajo tubo D=50mm
0.6/1 kV, XLPE

3x6mm2Cu + tt
Enterrado bajo tubo D=50mm
0.6/1 kV, XLPE

3x6mm2Cu + tt
Enterrado bajo tubo D=50mm
0.6/1 kV, XLPE

10A gL
1000V

10A gL
1000V

10A gL
1000V

10A gL
1000V

I.DIF.
150A, 30 mA
AC

3x50mm2Cu + tt
Enterrado bajo tubo D=110mm
0.6/1 kV, XLPE
RV-K

I.MAG.II
150 A

kWh

TÍTULO DEL TRABAJO
Planta fotovoltaica

TITULO DEL DOCUMENTO
Esquema unifilar

Fecha:
06/03/17

ESCALA
N.A.