



**Escuela Superior
de Ingeniería y Tecnología**
Universidad de La Laguna

Estudio y optimización del mantenimiento de una planta fotovoltaica

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Grado en ingeniería electrónica industrial y automática

Autor: Alejandro Herrera Bautista

Tutor: Ignacio Teresa Fernández

Curso académico: 2019/2020

Resumen

Este proyecto se basa en el estudio de una planta fotovoltaica con el objetivo de optimizar su mantenimiento.

El documento se inicia con una introducción sobre la energía fotovoltaica y el mantenimiento para adquirir los conocimientos necesarios del tema a tratar. A continuación, se realiza una descripción de la instalación y un estudio de la producción. Esta información será necesaria para plantear un nuevo plan de mantenimiento que mejore el actual, así como modificaciones en la propia instalación para mejorar el rendimiento económico.

Se plantean diferentes opciones presupuestadas que permitan tomar una decisión a los responsables de la instalación y se concluye que la opción más rentable es implementar el plan de mantenimiento propuesto y añadir cajas de string incluyendo un sistema de monitorización que permite detectar averías en menor tiempo y aumentar los beneficios económicos.

Abstract

This project is based on the study of a photovoltaic plant with the objective of optimizing its maintenance.

The document begins with an introduction on photovoltaic energy and maintenance to purchase the necessary knowledge of the topic to be covered. Below is a description of the installation and a study of the production. This information will be necessary to propose a new maintenance plan that improves the current one, as well as modifications to the installation itself to improve economic performance.

Different budgeted options are proposed that allow those responsible for the installation to make a decision and it is concluded that the most profitable option is to implement the proposed maintenance plan and add string boxes including a monitoring system that allows detecting faults in less time and increasing the economic benefits.

Contenido

Resumen.....	3
Abstract.....	3
Índice de figuras y tablas.....	7
Definiciones y abreviaciones.....	10
1. Introducción.....	13
1.1 Objeto.....	13
1.2 Alcance.....	13
1.3 Emplazamiento.....	13
1.4 Energía.....	14
1.4.1 Energías no renovables.....	14
1.4.2 Energías renovables.....	15
1.5 Energía solar fotovoltaica.....	17
1.5.1 Fundamento teórico.....	17
1.5.2 Componentes de una instalación fotovoltaica.....	20
1.5.3 Tipos de instalaciones fotovoltaicas.....	28
1.5.4 Energía solar fotovoltaica en España.....	29
1.5.5 Energía solar fotovoltaica en Canarias.....	32
1.5.6 Beneficios.....	35
1.5.7 Limitaciones.....	36
1.5.8 Normativa.....	37
1.6 Mantenimiento industrial.....	40
1.6.1 Tipos de mantenimiento.....	40
1.6.2 Recursos humanos.....	42

1.6.3	GMAO.....	43
1.6.4	Externalización del mantenimiento	43
1.6.5	Normas UNE.....	44
2.	Instalación.....	45
2.1	Descripción de la instalación.....	45
2.1.1	Instalación de 280 kW	45
2.1.2	Instalación de 600 kW	46
2.1.3	Centro de transformación	46
2.2	Características técnicas de los equipos	48
2.2.1	Módulos fotovoltaicos	48
2.2.2	Soportes	50
2.2.3	Inversores.....	50
2.2.4	Cableado	51
2.2.5	Centro de transformación	53
2.3	Producción de la instalación.....	54
2.3.1	Estudio de producción	54
2.3.2	Propuestas de mejora de la instalación	58
3.	Plan de mantenimiento	63
3.1	Contrato de mantenimiento actual	63
3.2	Propuesta de nuevo plan de mantenimiento	65
3.2.1	Plan de mantenimiento preventivo.....	65
3.2.2	Plan de mantenimiento correctivo.....	69
3.3	Tipos de averías.....	69
3.3.1	Averías del panel fotovoltaico	70
3.3.2	Averías del soporte.....	71

3.3.3	Averías del inversor	71
3.3.4	Averías del cableado	71
3.3.5	Averías de las protecciones.....	72
3.3.6	Averías del centro de transformación	73
3.3.7	Averías de la caja de string	73
3.4	Recursos	73
3.4.1	Recursos materiales	73
3.4.2	Recursos humanos	75
4.	Presupuesto.....	78
4.1	Presupuesto actual de mantenimiento	78
4.2	Propuesta de nuevo presupuesto de mantenimiento	81
4.2.1	Recursos humanos y materiales.....	81
4.2.2	Propuestas de mejora.....	83
4.3	Viabilidad económica	84
4.3.1	Propuesta 1: cajas de string con monitorización.....	87
4.3.2	Propuesta 2: cajas de string sin monitorización.....	88
5.	Conclusiones	89
5.1	Conclusiones.....	89
5.2	Conclusions.....	90
6.	Referencias.....	91
7.	Anexos.....	96

Índice de figuras y tablas

Gráfico 1: Generación energía eléctrica mundial. Años 1990-2017. ^[3]	15
Gráfico 2: Generación mundial de energías renovables. Años 1990-2017. ^[3] ..	16
Gráfico 3: Coste de la generación de energía eléctrica renovable mundial. Años 2010 y 2017. ^[2]	17
Gráfico 4: Capacidad instalada fotovoltaica en España. Años 2000-2018. ^[2] ...	30
Gráfico 5: Generación fotovoltaica en España. Años 2000-2017. ^[2]	31
Gráfico 6: Emisiones de CO2 en España. Años 1990-2018. ^[3]	32
Gráfico 7: Comparación de la Unión Europea en Wp/habitante. Año 2018. ^[9] .	35
Ilustración 1: Municipio de Santa Cruz de Tenerife. ^[31]	13
Ilustración 2: Emplazamiento de la instalación. ^[31]	14
Ilustración 3: Célula fotovoltaica. ^[1]	18
Ilustración 4: Eficiencias de células fotovoltaicas. NREL Años 1975-2020. ^[15]	19
Ilustración 5: Asociación de módulos fotovoltaicos en serie.....	20
Ilustración 6: Asociación de módulos fotovoltaicos en paralelo.....	21
Ilustración 7: Asociación de módulos fotovoltaicos en serie y paralelo.	21
Ilustración 8: Caja de conexiones de un módulo fotovoltaico. ^[19]	22
Ilustración 9: Distancia mínima entre filas de paneles fotovoltaicos. ^[8]	23
Ilustración 10: Regulador de carga MPPT, marca Victron Energy. ^[16]	23
Ilustración 11: Batería de plomo-acido, marca TAB. ^[17]	24
Ilustración 12: Asociación de baterías en serie.	24
Ilustración 13: Asociación de baterías en paralelo.	25
Ilustración 14: Asociación de baterías en serie y paralelo.....	25
Ilustración 15: Inversor fotovoltaico, marca Solax Power. ^[18]	26

Ilustración 16: Tipos de instalaciones fotovoltaicas.....	28
Ilustración 17: Irradiación global horizontal en Europa. ^[7]	30
Ilustración 18: Irradiación global horizontal en España. ^[7]	33
Ilustración 19: Resumen normativa de ámbito estatal. ^[12]	39
Ilustración 20: Tipos de mantenimiento. ^[33] ^[36]	40
Ilustración 21: Ejemplo de organigrama de mantenimiento. ^[35]	42
Ilustración 22: Ejemplo de centro de transformación PFU-5. ^[21]	47
Ilustración 23: Ejemplo del interior de un centro de transformación. ^[21]	47
Ilustración 24: Módulo fotovoltaico 175 kW marca ITER.....	48
Ilustración 25: Módulo fotovoltaico 175 kW, marca Shanghai Chaori.....	49
Ilustración 26: Diagrama de funcionamiento. Inversor ITER TEIDE100. ^[22]	50
Ilustración 27: Diagrama de la instalación.....	54
Ilustración 28: Ejemplo de sensor de irradiación solar. ^[46]	54
Ilustración 29: Ausencia de elementos de protección. ^[30]	59
Ilustración 30: Agrupamiento de string. ^[30]	60
Ilustración 31: Caja de string. Marca Phoenix Contact. ^[37]	61
Ilustración 32: Ejemplo de distribución del cableado.....	61
Ilustración 33: Monitorización de string. Marca Phoenix Contact. ^[37]	62
Ilustración 34: Ejemplo de rotura de la superficie de un panel fotovoltaico. ^[27]	70
Ilustración 35: Ejemplo de puntos calientes en un panel fotovoltaico. ^[27]	70
Ilustración 36: Ejemplo de fijación incorrecta. ^[26]	71
Ilustración 37: Ejemplo de rotura del aislamiento de un cable. ^[26]	72
Ilustración 38: Ejemplo de curvatura insuficiente de un cable. ^[29]	72
Ilustración 39: Precios mensuales medio del MWh. ^[45]	80
Ilustración 40: Salario medio mensual por ocupación. ^[42]	81

Tabla 1: Potencia solar fotovoltaica instalada en Canarias. Año 2018. ^[9]	34
Tabla 2: Características técnicas del módulo fotovoltaico, instalación 280 kW.	48
Tabla 3: Características técnicas del módulo fotovoltaico, instalación 600 kW.	49
Tabla 4: Características técnicas del inversor.	51
Tabla 5: Características del centro de transformación.	53
Tabla 6: Comparativa de energía generada teórica y real, instalación 280kW.	56
Tabla 7: Comparativa de energía generada teórica y real, instalación 600kW.	57
Tabla 8: Comparativa de energía generada teórica y real, planta fotovoltaica.	57
Tabla 9: Ahorro anual de emisiones de CO ₂	58
Tabla 10: Códigos de las plantillas de mantenimiento.	66
Tabla 11: Total de horas anuales de mantenimiento.....	75
Tabla 12: Ingresos mensuales instalación de 280 kW. ^{[30][45]}	78
Tabla 13: Ingresos mensuales instalación de 600 kW. ^[30] 45]	79
Tabla 14: Ingresos anuales totales con el plan de mantenimiento actual.	80
Tabla 15: Rendimiento económico actual de la instalación.	80
Tabla 16: Presupuesto recursos humanos.	81
Tabla 17: Rendimiento económico del nuevo plan de mantenimiento.	82
Tabla 18: Presupuesto recursos materiales. ^[41]	82
Tabla 19: Presupuesto propuesta de mejora 1. ^[43]	83
Tabla 20: Presupuesto propuesta de mejora 2. ^[44]	84
Tabla 21: Resumen de consideraciones.	86
Tabla 22: Estimación de nuevos ingresos para el caso más favorable.	86
Tabla 23: Viabilidad económica propuesta 1.....	87
Tabla 24: Viabilidad económica propuesta 2.....	88

Definiciones y abreviaciones

Agua osmotizada: Agua que ha sido tratada para eliminar sustancias potencialmente perjudiciales como el cloro, nitratos, flúor, etc. con el objetivo de no dejar incrustaciones al evaporarse.

BOE: Boletín Oficial del Estado.

Capacidad nominal (C): En una batería, es la máxima cantidad de energía que se puede extraer de ella partiendo de una carga inicial máxima.

Contacto directo: Según la ITC-BT-01 del REBT “contacto de personas o animales con partes activas de los materiales y equipos”.

Contacto indirecto: Según la ITC-BT-01 del REBT “contacto de personas o animales domésticos con partes que se han puesto bajo tensión como resultado de un fallo de aislamiento”.

Diagrama de Gantt: Herramienta gráfica empleada para explicar el tiempo empleado en realizar las diferentes actividades, indicando las fechas de inicio y fin y sus posibles relaciones.

EPI: Equipo de protección individual.

Fotón: Partícula elemental portadora de las diferentes formas de radiación electromagnética.

GMAO: Gestión del mantenimiento asistida por ordenador.

Interruptor diferencial: Dispositivo electromecánico de seguridad para proteger a las personas de posibles contactos directos e indirectos.

Interruptor magnetotérmico: Dispositivo que protege los circuitos eléctricos de posibles sobrecargas y cortocircuitos.

Irradiación: Cantidad de irradiancia recibida en un determinado tiempo. Se mide en Wh/m^2 .

Irradiancia: Magnitud que indica la cantidad de radiación solar que llega a la superficie terrestre. Se mide en W/m^2 .

Isc: Corriente de cortocircuito.

kW: Kilovatio.

kWh: Kilovatio hora.

Latitud: Es la distancia, medida en grados, desde el punto a medir hasta el paralelo con el Ecuador, se utiliza para mejorar la colocación de los paneles fotovoltaicos.

LCOE: Coste de la energía. Sus siglas provienen de Levelized Cost Of Energy.

Longitud: Es la distancia, medida en grados, desde el punto a medir hasta el meridiano 0° o meridiano de Greenwich, se utiliza para mejorar la colocación de los paneles fotovoltaicos.

Mantenibilidad: Cantidad de esfuerzo necesaria para realizar el mantenimiento a un equipo o instalación.

Mantenimiento correctivo: Mantenimiento que se realiza cuando ya se ha producido una avería. Este tipo de mantenimiento puede ser planificado o no.

Mantenimiento preventivo: Mantenimiento que se realiza antes de que se produzca una avería realizando diferentes acciones según los criterios establecidos para reducir la probabilidad de que se produzca una avería. Este tipo de mantenimiento siempre es planificado.

Manual de mantenimiento: Conjunto de información necesaria para llevar a cabo el correcto mantenimiento de un equipo o instalación.

MPP: Punto de máxima potencia. Sus siglas provienen de Maximum Power Point

MPPT: Seguidor del punto de máxima potencia. Sus siglas provienen de Maximum Power Point Tracker.

NREL: Laboratorio Nacional de Energías Renovables, situado en Colorado, Estados Unidos. Sus siglas provienen de National Renewable Energy Laboratory.

OCA: Organismo de Control Autorizado, entidades encargadas de comprobar que un equipo o instalación cumple con las medidas de seguridad establecidas.

Parada de mantenimiento: Situación de no disponibilidad de un equipo o instalación para su utilización con el objetivo de realizar un mantenimiento.

Plan de mantenimiento: Conjunto detallado de las acciones que se deben realizar para llevar a cabo el mantenimiento de una instalación o un equipo, así como los intervalos de tiempo para realizarlo.

Planos As-Built: Planos de la instalación actualizados teniendo en cuenta la situación actual y real de la instalación.

PLC: Autómata programable. Sus siglas provienen de las palabras en inglés Programmable Logic Controller.

Prima fotovoltaica: Cantidad de dinero que concedida por el Gobierno con el objetivo de incentivar la instalación de fotovoltaica al cumplir una serie de requisitos.

Punto caliente: Áreas de un módulo fotovoltaico en el que la temperatura aumenta considerablemente produciendo una reducción de la eficiencia y la vida útil de los módulos, se pueden producir por errores constructivos o porque la zona se encuentra sombreada.

PV: Fotovoltaica. Sus siglas provienen de la palabra inglesa Photovoltaics.

Radiación solar: Conjunto de todas las radiaciones electromagnéticas que son emitidas por el sol, estas radiaciones van desde el infrarrojo hasta el ultravioleta.

REBT: Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Sensor Hall: Sensor que emplea el efecto Hall para medir corrientes o campos magnéticos.

String: Agrupación de paneles fotovoltaicos en serie.

Tensión nominal de un aparato: Según la ITC-BT-01 del REBT “Tensión prevista de alimentación del aparato y por la que se le designa”.

Tensión nominal de una instalación: Según la ITC-BT-01 del REBT “Tensión por la que se designa una instalación o una parte de esta”.

Toma de tierra: Según la ITC-BT-01 del REBT “electrodo, o conjunto de electrodos, en contacto con el suelo y que asegura la conexión eléctrica con el mismo”.

UNE: Una Norma Española.

1. Introducción

1.1 Objeto

El objetivo de este trabajo de fin de grado es realizar un estudio de la instalación de una planta fotovoltaica conectada a red con la finalidad de proponer mejoras. También se pretende analizar el contrato actual de mantenimiento para plantear un nuevo plan de mantenimiento optimizado, así como posibles modificaciones de la instalación que beneficien tanto al mantenimiento como a la producción. Y por último realizar un estudio económico que permita a los propietarios de la instalación obtener mayores beneficios al aplicar las mejoras propuestas.

1.2 Alcance

Se parte de una instalación fotovoltaica conectada a red ya construida y en funcionamiento, consta de dos instalaciones independientes, una de 280 kW con prima fotovoltaica y otra de 600 kW sin prima, se cuenta con los datos de producción de la instalación, datos de irradiación y con el contrato de mantenimiento que se realiza actualmente.

1.3 Emplazamiento

La instalación se encuentra en la isla de Tenerife, en el municipio de Santa Cruz de Tenerife, como se muestra en la Ilustración 1.



Ilustración 1: Municipio de Santa Cruz de Tenerife. [31]



Ilustración 2: Emplazamiento de la instalación. [31]

La planta fotovoltaica de 280 kW ocupa un área de 2.081 m² y la de 600 kW ocupa 4.698 m², haciendo un total de 6.779 m², en cuanto a su emplazamiento se empleará una ubicación ficticia en la zona mostrada en la Ilustración 2.

1.4 Energía

A continuación, se realiza una pequeña introducción analizando la generación de energía eléctrica a nivel mundial.

1.4.1 Energías no renovables

“Las fuentes de energías no renovables son aquellas que se encuentran en el planeta de forma limitada y su ciclo de regeneración es muy largo en comparación con su velocidad de consumo.” [4] Entre las energías no renovables se encuentran la energía nuclear y los combustibles fósiles como el petróleo, el gas natural y el carbón.

Generación eléctrica mundial (1990-2017)

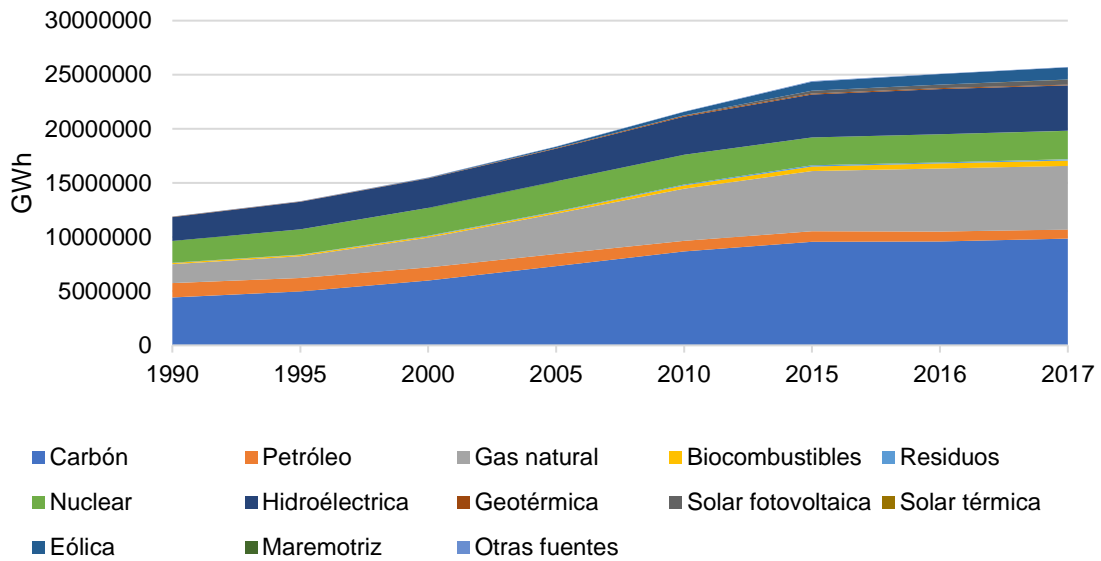


Gráfico 1: Generación energía eléctrica mundial. Años 1990-2017. [3]

En el Gráfico 1 se puede observar cómo se ha producido un crecimiento de la energía generada a nivel mundial, donde se destaca el uso del carbón asociado a países en desarrollo. Por otra parte, también se ha notado un aumento en la generación de electricidad utilizando gas natural, menos contaminante que la anteriormente nombrada.

En los datos consultados se observa que en el año 2017 la generación mundial de electricidad es de 25.721.078 GWh, siendo en un 77,2% de la energía producida por fuentes de energía no renovable.

1.4.2 Energías renovables

“Las fuentes de energías renovables son aquellas fuentes de energía inagotables o con un ciclo de regeneración reducido.” [4]

Entre las energías renovables se encuentran la hidráulica, eólica, geotérmica, mareomotriz y energía solar.

En cuanto a la energía solar habría que hacer una diferenciación entre solar térmica y solar fotovoltaica. La energía solar térmica aprovecha la energía del

sol en forma de calor y algunos de sus usos pueden ser la calefacción de una vivienda o el agua caliente sanitaria (ACS). Por otro lado, la energía solar fotovoltaica aprovecha la irradiación solar para producir electricidad.

Generación mundial de energías renovables (1990-2017)

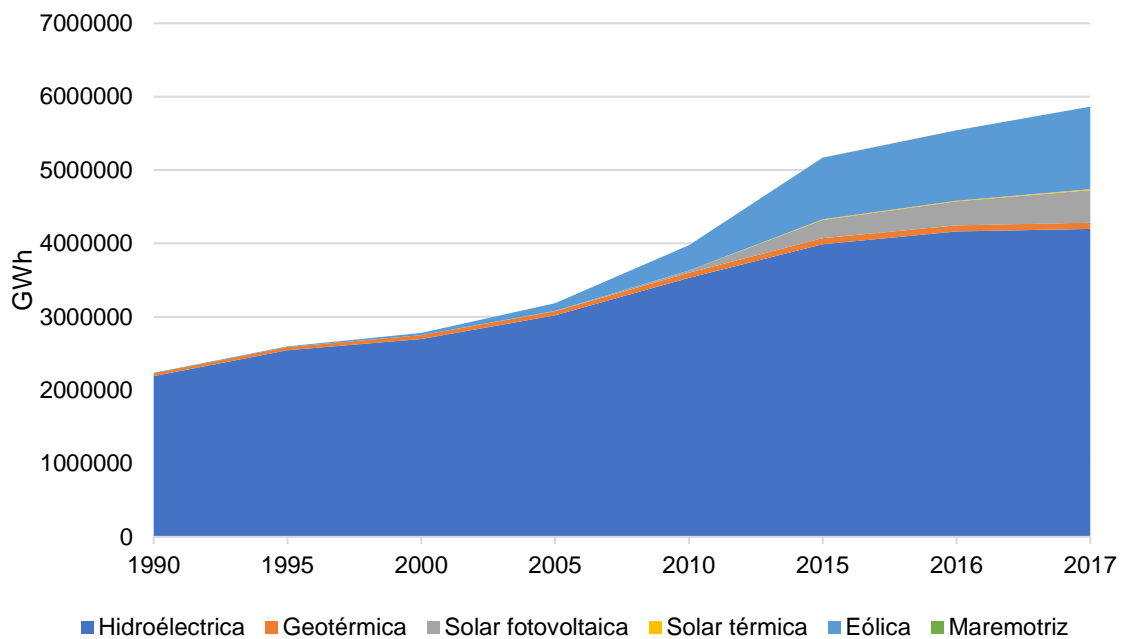


Gráfico 2: Generación mundial de energías renovables. Años 1990-2017. ^[3]

Como se puede visualizar en el Gráfico 2 la generación a nivel mundial de las energías renovables ha aumentado notablemente, destacando la energía solar fotovoltaica, eólica y geotérmica, que ha aumentado considerablemente del año 2005 al año 2017. También se destaca en este gráfico la importancia de generación hidroeléctrica a nivel mundial que ha tenido desde hace tres décadas y que también ha aumentado significativamente.

En cuanto a la energía solar fotovoltaica su porcentaje con relación al resto de energía renovables ha pasado de un 0,04% en el año 2000 hasta un 7,56% en el año 2017.

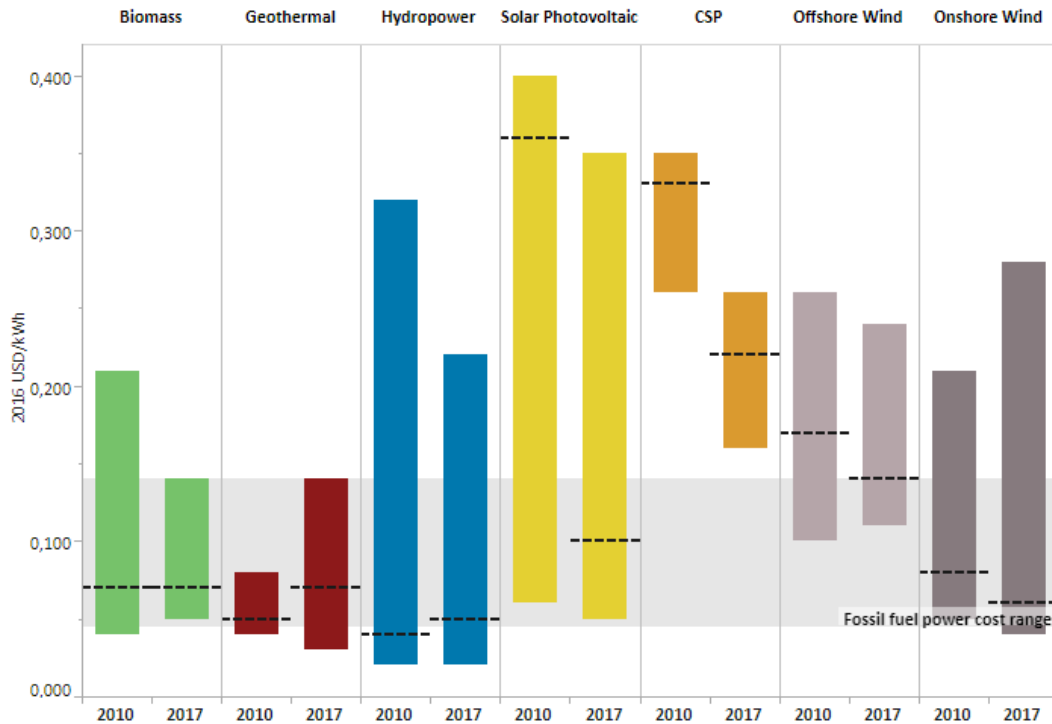


Gráfico 3: Coste de la generación de energía eléctrica renovable mundial. Años 2010 y 2017. [2]

El coste de la energía eléctrica mediante fuentes renovables se compara mediante el uso del LCOE. “El LCOE se calcula contabilizando todos los costos de un sistema a lo largo de su vida útil, que luego se dividen por la suma de la energía eléctrica producida durante su vida útil.” [5]

En el Gráfico 3 se puede observar como el LCOE medio de la energía solar fotovoltaica ha disminuido desde 0,360 USD/kWh en el año 2010 hasta los 0,100 USD/kWh del año 2017, en relación con el resto de energía renovables es la fuente de energía que más ha disminuido su coste medio en los últimos años.

1.5 Energía solar fotovoltaica

1.5.1 Fundamento teórico

La energía fotovoltaica es la tecnología que genera electricidad de corriente continua (CC) a partir de semiconductores por la incidencia de fotones. [6]

Los semiconductores intrínsecos o semiconductores puros son cuerpos que a temperatura ambiente posee propiedades eléctricas intermedias entre los

conductores y los aislantes. Ante un aumento de la temperatura en estos materiales disminuye la resistividad debido a que se producen rupturas en sus enlaces y la liberación de electrones de su capa de valencia, al liberarse un electrón de valencia queda una vacante a la que se denomina hueco. Tanto al hueco como al electrón se los denomina portadores de carga. [13]

Al añadir impurezas para variar la cantidad de portadores minoritarios y mayoritarios que influyen en la conducción eléctrica se les denomina semiconductores extrínsecos, también conocidos como dopados. Los semiconductores extrínsecos en los cuales la densidad de electrones es superior a la de huecos se denominan semiconductores tipo n y por tanto su portador mayoritario son los electrones, en el caso contrario, cuando la densidad de huecos es superior a la de electrones se denominan semiconductores tipo p y su portador mayoritario son los huecos.

Los semiconductores intrínsecos más utilizados son el silicio (Si) y el germanio (Ge), en cuanto a los semiconductores de tipo n son dopados con arsénico (As) o fósforo (P) y los semiconductores de tipo p con elementos como el aluminio (Al), el indio (In) o el galio (Ga).

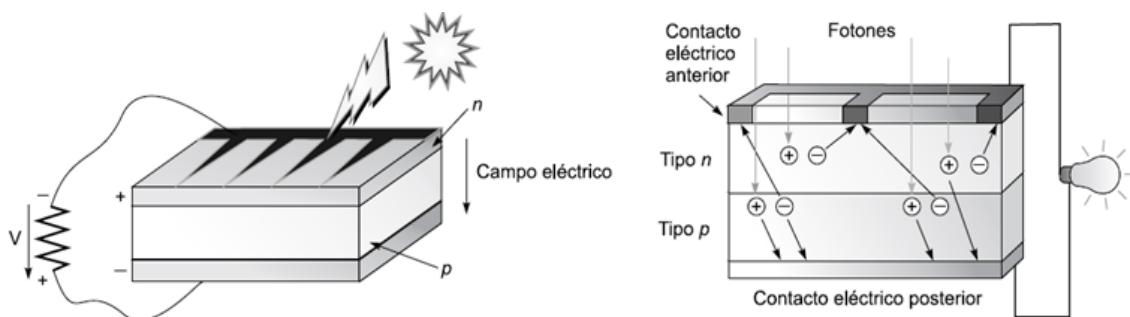


Ilustración 3: Célula fotovoltaica. [1]

Las células fotovoltaicas se construyen, tal y como se ve en la Ilustración 3, al unir un semiconductor tipo n con otro de tipo p, el semiconductor de tipo n recibe la radiación solar que produce un campo eléctrico que dirige los electrones al lado n y los huecos al lado p creando una corriente eléctrica que permite utilizar estas células fotovoltaicas como generadores eléctricos.

Existen diferentes tipos de células fotovoltaicas, entre los que se encuentran:

- Células de silicio monocristalino (m-Si) su eficiencia se encuentra en torno al 20%, su principal problema es el coste de fabricación, pero se ha reducido en los últimos años. Es el tipo más utilizado junto a las policristalinas de silicio.
- Células de silicio policristalino (p-Si), son más baratas que las monocristalinas pero su eficiencia es menor, en torno al 16%.
- Células de silicio amorfo, son más baratas que las de silicio cristalino pero su rendimiento es mucho menor, en torno al 10%
- Existen otros tipos de células fotovoltaicas que por su elevado precio o por su baja eficiencia no son utilizadas de forma comercial, el uso de las células de silicio cristalino ocupa alrededor del 90% del total.

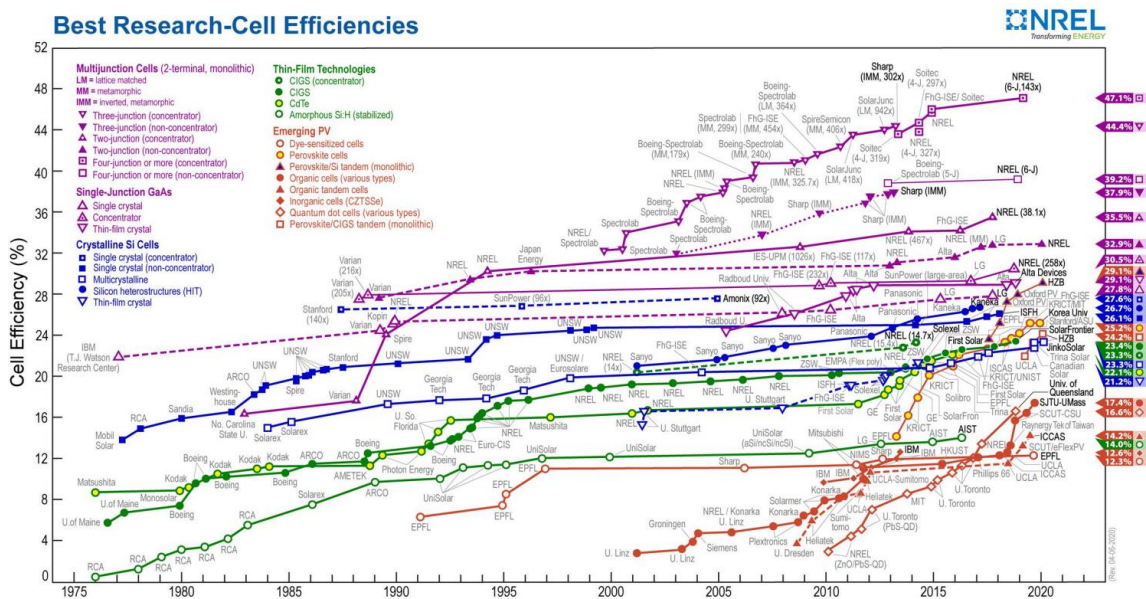


Ilustración 4: Eficiencias de células fotovoltaicas. NREL Años 1975-2020. [15]

En la Ilustración 4 se puede observar la eficiencia de los diferentes tipos de células fotovoltaicas que existen tanto en el mercado como en líneas de investigación.

1.5.2 Componentes de una instalación fotovoltaica

Una instalación fotovoltaica generalmente cuenta con los siguientes componentes principales:

- Módulos fotovoltaicos.
- Regulador de carga.
- Baterías o acumuladores.
- Inversor.
- Cableado.
- Protecciones

1.5.2.1 Módulos fotovoltaicos

Una sola célula fotovoltaica no es capaz de producir la suficiente tensión e intensidad que se necesita, por eso se fabrican los módulos fotovoltaicos que son asociaciones de células fotovoltaicas y encapsuladas en un módulo que las aísla del exterior eléctricamente y las protege de la intemperie.

Los módulos se pueden asociar de las siguientes formas:

- En serie con el objetivo de aumentar la tensión eléctrica, manteniendo la intensidad.

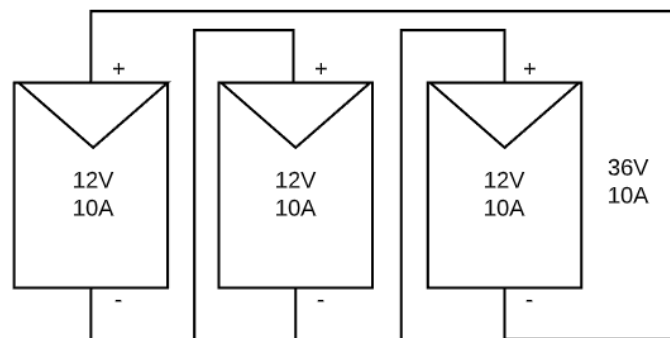


Ilustración 5: Asociación de módulos fotovoltaicos en serie.

- En paralelo con el objetivo de aumentar intensidad, manteniendo la tensión eléctrica.

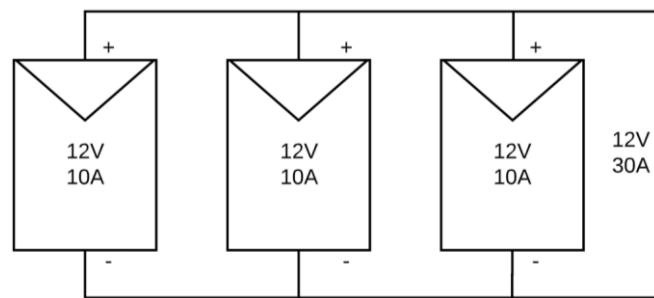


Ilustración 6: Asociación de módulos fotovoltaicos en paralelo.

- Combinación de conexiones en serie y en paralelo con el objetivo de aumentar tanto la tensión eléctrica como la intensidad.

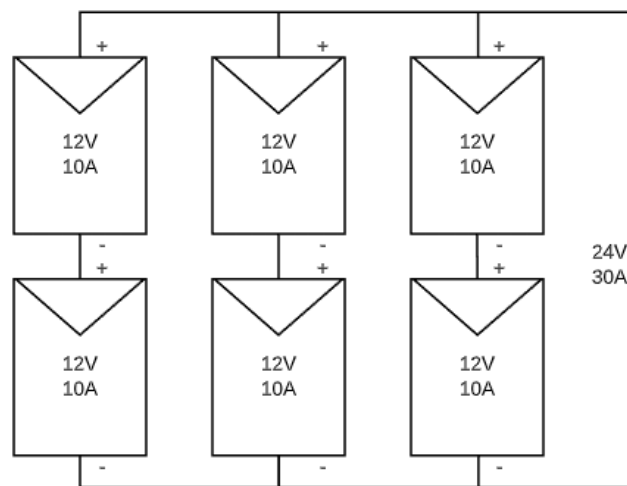


Ilustración 7: Asociación de módulos fotovoltaicos en serie y paralelo.

La eficiencia de los paneles fotovoltaicos no depende del tamaño del módulo sino de sus características técnicas y del tipo de células con el que esté formado.

En la parte posterior de los módulos fotovoltaicos se encuentra la caja de conexiones, Ilustración 8, que incluye tanto el conector positivo como del negativo, además algunos fabricantes incluyen unos diodos, llamados diodos bypass que dividen el módulo en diferentes series de células y permiten la

desconexión de las series cuando en algunas de ellas se producen puntos calientes o sombreados que reducen el rendimiento del módulo fotovoltaico.



Ilustración 8: Caja de conexiones de un módulo fotovoltaico.^[19]

1.5.2.2 Soportes

Los paneles fotovoltaicos son instalados sobre una estructura que permite separar los paneles fotovoltaicos del suelo y fijar su posición permitiendo mantener la inclinación óptima dependiendo de la zona donde se encuentre la instalación.

También se debe tener en cuenta la distancia entre los paneles para evitar que se produzcan sombras entre ellos y reduzcan la eficiencia de la instalación. Tal y como se muestra en la Ilustración 9, la distancia mínima entre las filas de paneles debe ser:

$$d_{min} = \frac{h}{\tan(67^\circ - \text{latitud})}$$

Donde:

d_{min} : Distancia mínima entre filas de paneles fotovoltaicos.

h: Altura del punto más alto del panel.

L: longitud del panel fotovoltaico.

β : Inclinación del panel fotovoltaico.

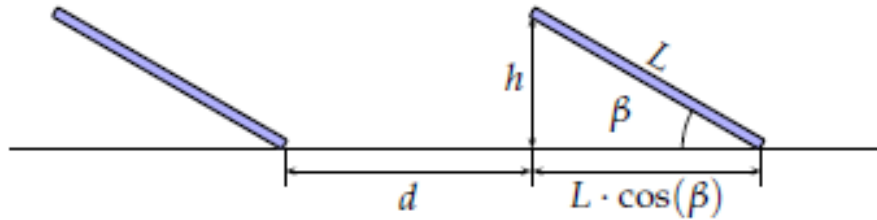


Ilustración 9: Distancia mínima entre filas de paneles fotovoltaicos. [8]

1.5.2.3 Reguladores de carga

El regulador de carga es un dispositivo utilizado en los sistemas fotovoltaicos en los que se emplean baterías ya que se encarga de controlar los procesos de carga y descarga de las mismas, evitando que se sobrecarguen o se descarguen por completo y así alargar la vida útil de las baterías. Algunos modelos de reguladores incluyen el sistema MPPT (Maximum Power Point Tracking o seguidor del punto de máxima potencia) que permiten obtener el mayor rendimiento de los módulos fotovoltaicos.



Ilustración 10: Regulador de carga MPPT, marca Victron Energy. [16]

1.5.2.4 Baterías o acumuladores

En una instalación fotovoltaica las baterías son los dispositivos encargados de transformar la energía eléctrica producida por los módulos fotovoltaicos en energía química y realizar el proceso de transformación inverso cuando sea necesario. Este componente se usa principalmente en sistemas aislados cuando los periodos de consumo no coinciden con los de generación, estas baterías deben ser recargables.



Ilustración 11: Batería de plomo-acido, marca TAB.^[17]

Existen diferentes tipos de baterías como pueden ser las de electrolito inmovilizado, las de níquel- cadmio o las de plomo-ácido como la mostrada en la Ilustración 11. Se debe llevar un mantenimiento específico dependiendo del tipo y un mantenimiento general para todas independientemente del tipo que consiste en mantener los terminales de la batería limpios y sin corrosión para evitar caídas de tensión o posibles calentamientos.

Las baterías se pueden asociar de las siguientes formas:

- En serie con el objetivo de aumentar la tensión eléctrica, manteniendo la capacidad nominal.

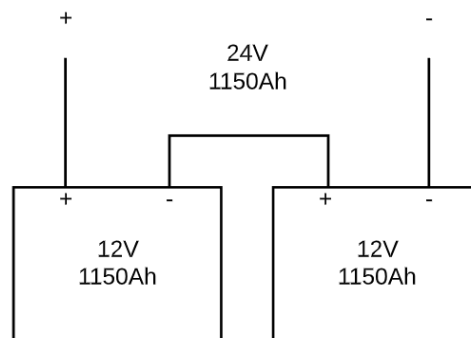


Ilustración 12: Asociación de baterías en serie.

- En paralelo con el objetivo de aumentar la capacidad nominal, manteniendo la tensión eléctrica.

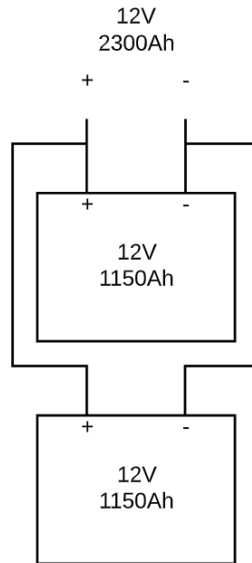


Ilustración 13: Asociación de baterías en paralelo.

- Combinación de conexiones en serie y en paralelo con el objetivo de aumentar tanto la tensión eléctrica como la capacidad nominal.

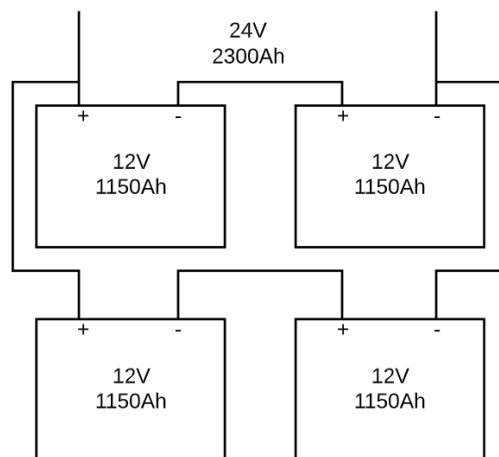


Ilustración 14: Asociación de baterías en serie y paralelo.

1.5.2.5 Inversores

Un inversor es un equipo electrónico que se encarga de transformar la corriente continua producida por los paneles fotovoltaicos en corriente alterna para ser

consumida o para verter en la red de distribución eléctrica. Los inversores pueden ser monofásico o trifásicos.

Algunos inversores cuentan con una función para encontrar el MPP del generador fotovoltaico y conseguir un mayor rendimiento de la instalación.



Ilustración 15: Inversor fotovoltaico, marca Solax Power.^[18]

Los inversores pueden ir acompañados de un transformador que permiten adecuar la tensión de salida a la tensión de la red y establecer un aislamiento galvánico entre la entrada y la salida del inversor para impedir el paso de corriente continua a la red eléctrica. En la normativa española se obliga a la utilización de transformadores de aislamiento para evitar el paso de corriente continua antes mencionado y propiciar seguridad a las personas.

1.5.2.6 Cableado

A la hora de elegir el cableado en los sistemas fotovoltaicos hay que tener en cuenta dos criterios:

- El criterio térmico en el que el cable debe soportar las temperaturas producidas por el efecto Joule.
- El criterio de caída de tensión en el que la caída de tensión en el cable debe ser menor a la máxima admisible en el reglamento.

El reglamento que se debe seguir a la hora de seleccionar el cableado es el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT), en la ITC-BT-40 (instalaciones generadoras de baja tensión) se indica que los cables de conexión deben ser dimensionados para una intensidad no inferior al 125% de la máxima intensidad del generador y la caída de tensión máxima entre el generador y el punto de interconexión con la Red de Distribución Pública o a la instalación interior no debe ser superior al 1,5% para la intensidad nominal.

En la ITC-BT-07 (redes subterráneas para distribución en baja tensión) se encuentran los valores de intensidad máxima admisible para los diferentes tipos de aislamientos y de secciones normalizadas.

1.5.2.7 Protecciones

La instalación fotovoltaica debe contar con diferentes equipos de protección que protejan tanto a las personas como a los equipos.

En la ITC-BT-24 se indican las protecciones contra contactos directos e indirectos.

También debe contar con un sistema de puesta a tierra en el que se conecten todas las masas metálicas a una superficie equipotencial para disminuir la aparición de tensiones que puedan producir daños.

Los elementos que debe contener una instalación fotovoltaica dependiendo del tipo de protección son los siguientes:

- Protecciones en corriente continua:
 - Fusibles para evitar cortocircuitos que dañen el variador.
 - Varistores para proteger los equipos electrónicos ante sobretensiones.
- Protecciones en corriente alterna:
 - Un interruptor magnetotérmico general que permita la completa desconexión de la instalación, solo accesible por la empresa distribuidora, para realizar las labores de mantenimiento con total seguridad.

- Un segundo interruptor magnetotérmico de menor intensidad nominal que el anterior para proteger contra cortocircuitos y sobrecargas.
- Cada inversor debería contar con su propio interruptor magnetotérmico que permita aislar las diferentes líneas de forma independiente.
- Un interruptor diferencial que proteja al circuito de derivaciones a tierra y debe situarse lo más cerca posible del punto de conexión con la red eléctrica con el objetivo de proteger la mayor parte posible del circuito. [8]

1.5.3 Tipos de instalaciones fotovoltaicas

Las instalaciones fotovoltaicas se pueden dividir en los grupos que se muestran en la Ilustración 16.

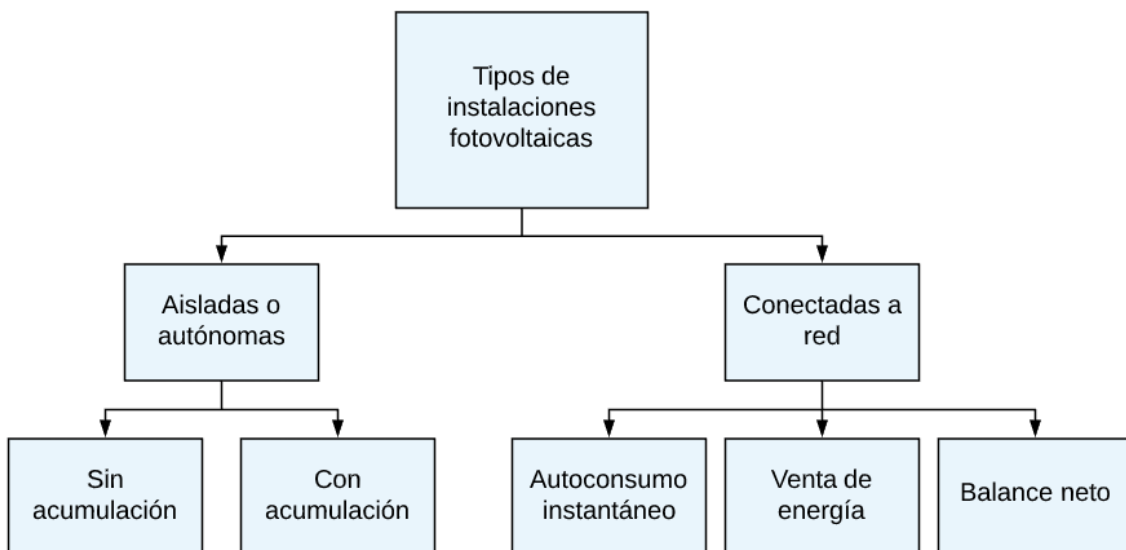


Ilustración 16: Tipos de instalaciones fotovoltaicas.

En primer lugar, hay que distinguir si la instalación está o no conectada a la red de distribución eléctrica.

En caso de no estar conectadas a red se conocen como instalaciones aisladas o autónomas, este tipo de instalaciones suelen darse en zonas aisladas donde no es posible el acceso a la red, a su vez se dividen en dos tipos:

- Sin acumulación: La energía producida se consume al instante de ser producida.
- Con acumulación: La energía producida no consumida se almacena en baterías para ser utilizada cuando la generación no cubre la demanda como es el caso de las horas nocturnas.

Las instalaciones conectadas a red producen la electricidad conectadas en paralelo a la red eléctrica convencional y existen diferentes tipologías:

- Autoconsumo instantáneo: Se consume la energía producida en el instante que se genera y la energía que no es capaz de generarse se consume de la red.
- Venta de energía (Feed in tariff): El total de la energía generada se vierte en la red.
- Balance neto (Net Metering): La energía producida se vierte en el mismo punto donde se encuentran los consumos, mediante unos contadores bidireccionales se prioriza el autoconsumo, en el caso de haber excedentes se vierten a la red y en el caso de ser insuficiente la generación se obtiene energía de la red, facturándose así la diferencia entre la energía vertida y la consumida.

1.5.4 Energía solar fotovoltaica en España

España es uno de los países con mayor irradiación solar anual de Europa, tal y como se muestra en la Ilustración 17, lo que lo convierte en el lugar idóneo para potenciar el uso de esta energía renovable. La mayor parte del país se encuentra en zonas con una irradiación acumulada superior a los 1000 kWh/m².

GLOBAL HORIZONTAL IRRADIATION
EUROPE

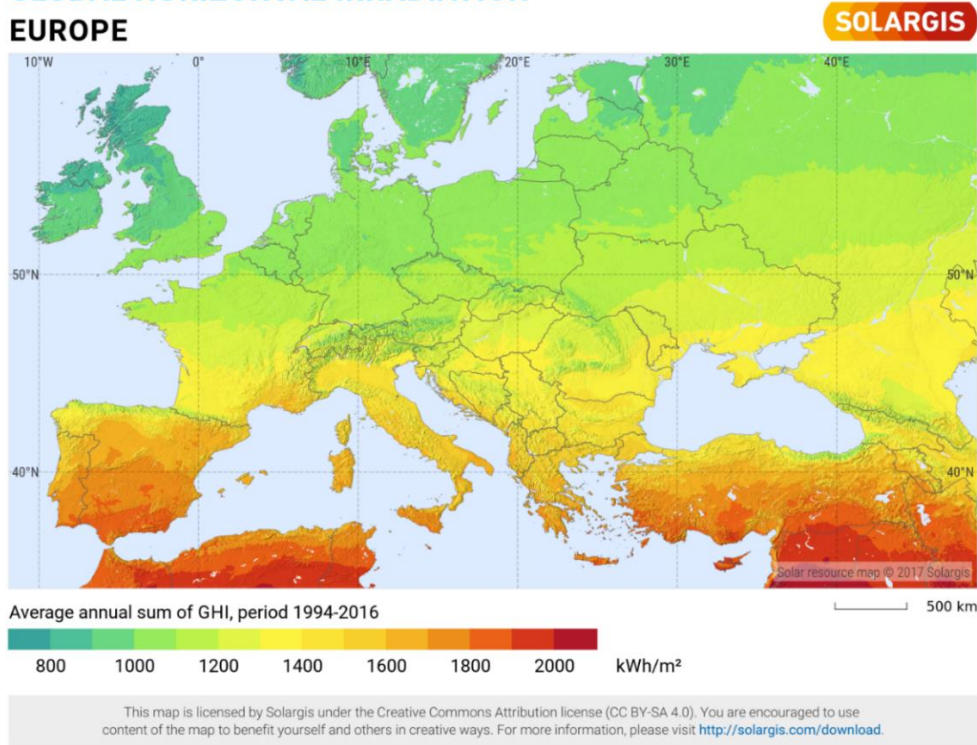


Ilustración 17: Irradiación global horizontal en Europa.^[7]

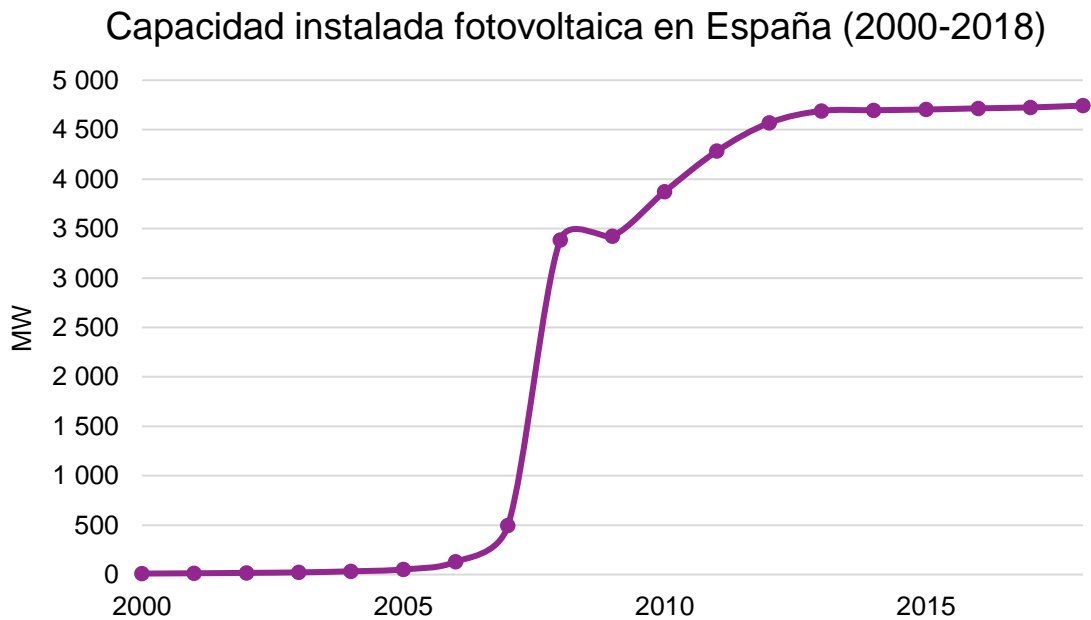


Gráfico 4: Capacidad instalada fotovoltaica en España. Años 2000-2018.^[2]

Como se observa en el Gráfico 4 la instalación de energía fotovoltaica aumenta en España a partir del año 2007 debido a las subvenciones del Gobierno de España, hasta el año 2009 donde sigue aumentando, pero a un ritmo menor, debido a la pasada crisis económica. A partir del año 2013 capacidad se mantiene estable por encima de los 4.700 MW.

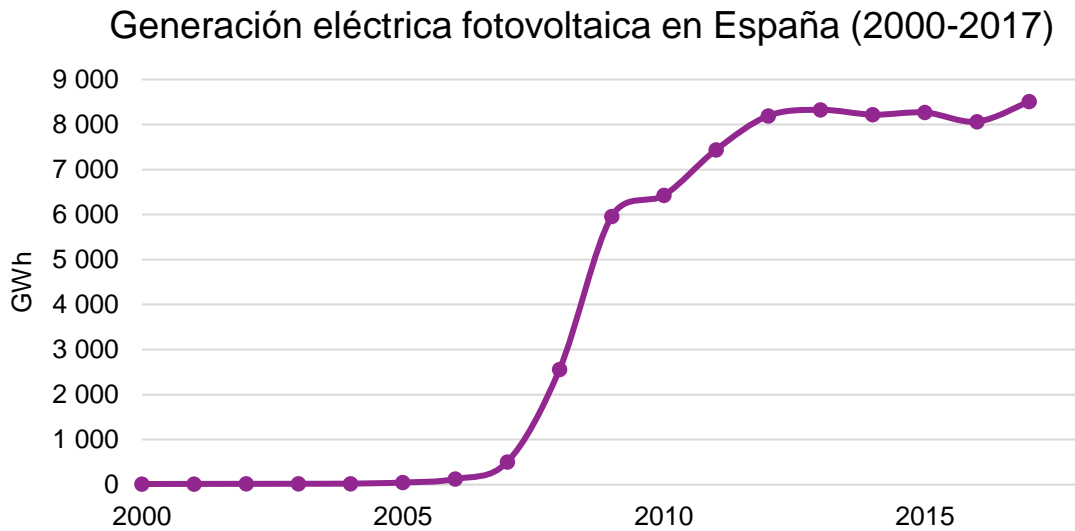


Gráfico 5: Generación fotovoltaica en España. Años 2000-2017. [2]

En el Gráfico 5 y como consecuencia del aumento de la instalación de fotovoltaica también se observa un aumento en la generación eléctrica mediante esta fuente de energía renovable a partir del año 2007. Además, entre los años 2011 y 2017 la generación de electricidad mediante esta tecnología se mantiene estable entorno a los 8.000GWh, habiendo un repunte sobre los 8.500GWh en el 2017.

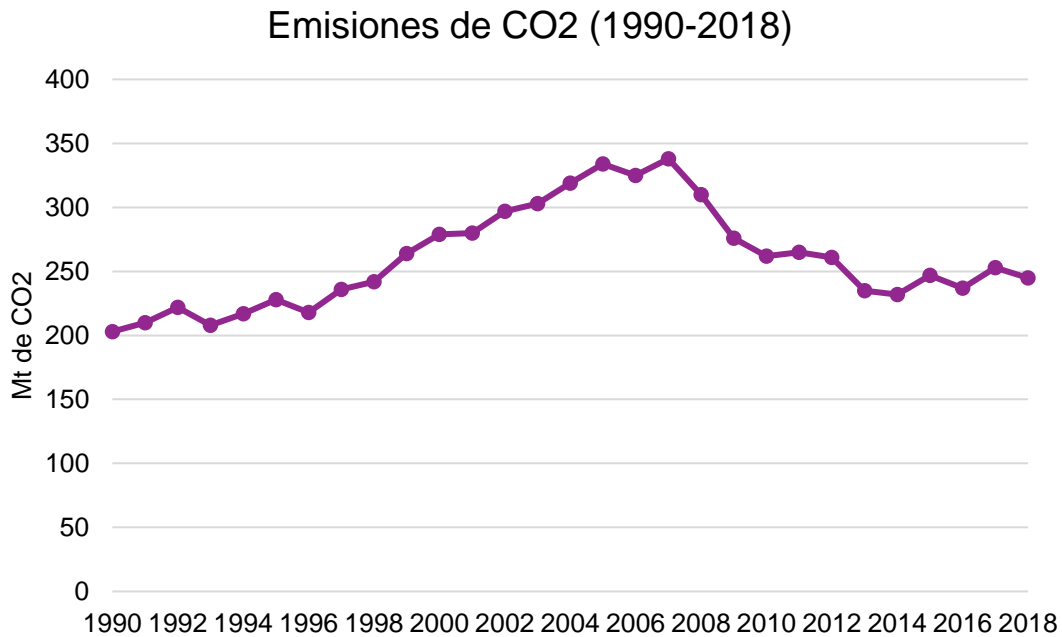


Gráfico 6: Emisiones de CO2 en España. Años 1990-2018. [3]

Como se muestra en la Gráfico 6, las emisiones de CO2 a partir del año 2007 bajan considerablemente, este descenso se puede deber a la crisis económica y el descenso de la producción industrial pero también debido al aumento de la generación eléctrica mediante energías renovables.

1.5.5 Energía solar fotovoltaica en Canarias

En relación con el resto de España, las islas Canarias son uno de los lugares idóneos para la instalación de la energía solar fotovoltaica tal y como muestra la Ilustración 18 la mayor parte del territorio de las islas presentan una irradiación acumulada con valores superiores a los 1.600 kWh/m².



Ilustración 18: Irradiación global horizontal en España. [7]

El mayor aumento de instalación de energía solar fotovoltaica en Canarias se produce, al igual que en el resto de España, entre los años 2007 y 2008, según los últimos datos proporcionados por el Gobierno de Canarias a finales del año 2018 las islas contaban con una potencia solar fotovoltaica instalada de 187.443,89 kWp de los cuales el 99,5% pertenecen a instalaciones conectadas a red, tal y como muestran los datos de la Tabla 1, siendo tan solo el 0,5% instalaciones aisladas de la red.

Isla	Conectada a red		Aislada a red		Total
	kWp	%	kWp	%	kWp
Gran Canaria	41.519,24	99,60%	168,08	0,40%	41.687,32
Tenerife	116.848,38	99,82%	212,35	0,18%	117.060,73
Lanzarote	9.023,68	97,57%	224,76	2,43%	9.248,44
Fuerteventura	14.124,47	98,12%	269,98	1,88%	14.394,45
La Palma	4.878,74	98,98%	50,18	1,02%	4.928,92
La Gomera	45,64	65,52%	24,02	34,48%	69,66
El Hierro	34,82	64,04%	19,55	35,96%	54,37
Canarias	186.474,97	99,50%	968,92	0,50%	187.443,89

Tabla 1: Potencia solar fotovoltaica instalada en Canarias. Año 2018. ^[9]

Para poder valorar los datos de la Tabla 1 se debe comparar con otras regiones como las mostradas en el Gráfico 7, donde se muestra la potencia fotovoltaica instalada en relación al número de habitantes, Canarias cuenta con 87,6 Wp/habitante y a pesar de las condiciones favorables para esta energía renovable se puede observar como el ratio de Wp/habitante es muy inferior a países con mucha menor irradiación como puede ser Alemania (546,9 Wp/habitante) que es el país de la Unión Europea con mejores datos. También hay que destacar que Canarias se encuentra por debajo de la media tanto de España (101,3 Wp/habitante) como de la Unión Europea (223,6 Wp/habitante).

Potencia fotovoltaica por habitante en la Unión Europea (2018)

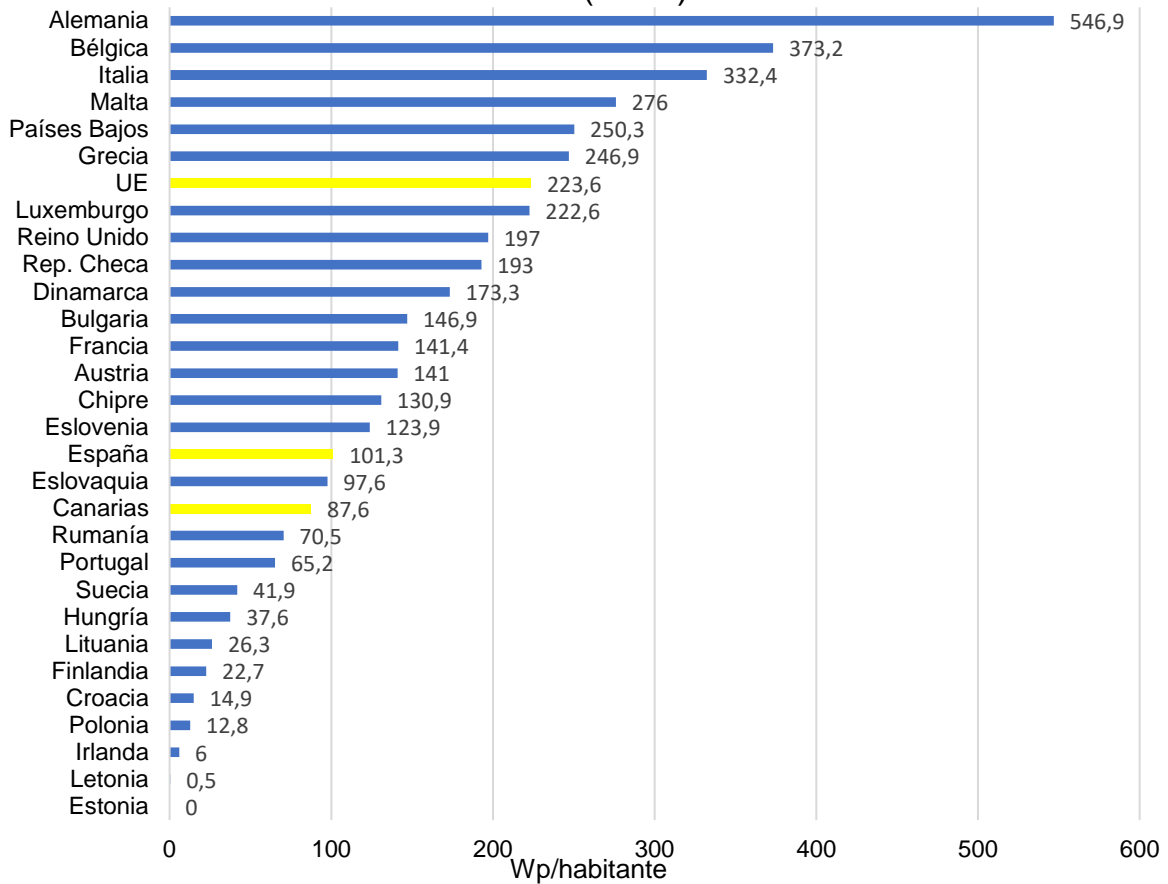


Gráfico 7: Comparación de la Unión Europea en Wp/habitante. Año 2018. ^[9]

1.5.6 Beneficios

En general las energías renovables cuentan con unos beneficios en común como pueden ser dar solución a los problemas energéticos tales como el aumento del consumo energético y reducir la dependencia energética del exterior basado en recursos limitados como es el caso del petróleo o el gas. También contribuyen a reducir los problemas medioambientales que producen las energías no renovables como son las emisiones de gases de efecto invernadero o la lluvia acida.

La implantación de las energías renovables potencia la creación de las conocidas como redes inteligentes o Smart Grid, “una red inteligente es una red eléctrica que puede integrar de manera inteligente las acciones de todos los usuarios

conectados a ella (generadores, consumidores y aquellos que hacen ambas cosas) para entregar de manera eficiente suministros de electricidad sostenibles, económicos y seguros.” [10] La implementación de este tipo de generación de energía descentralizada ayudaría a mejorar la calidad y la robustez del sistema eléctrico.

En cuanto a los beneficios específicos de la generación de electricidad mediante módulos fotovoltaicos se pueden nombrar los siguientes:

- Permite proporcionar electricidad a zonas aisladas donde no es posible que acceda la red convencional.
- En el caso de que la generación de la electricidad coincida con el lugar de consumo se evitan los problemas relacionados con el transporte de la electricidad como pueden ser las pérdidas o el estado de la red.
- Permite aprovechar espacios sin uso como pueden ser los tejados de las viviendas, las cubiertas de las naves industriales o las zonas donde la utilización del terreno con fines agrícolas no es rentable.
- Su instalación es rápida y sencilla.
- Mantenimiento fácil de aplicar.
- Larga vida útil de los equipos empleados.
- Es un sistema que produce poco ruido debido a que no tiene partes móviles.
- Con el paso de los años se ha producido un descenso del precio de los módulos fotovoltaicos unidos al aumento de la eficiencia ha contribuido a que el precio del kWh mediante fotovoltaica sea inferior al generado por otras fuentes de energía convencionales.

1.5.7 Limitaciones

Entra las limitaciones que presenta la energía solar fotovoltaica se encuentran:

- La generación de electricidad es imprevisible ya que depende de las condiciones climatológicas y los métodos de predicción de generación fotovoltaica actuales son limitados en cuanto a la irradiación solar futura.

- La generación puede no coincidir con las franjas horarias de mayor consumo como pueden ser las primeras horas de la noche.
- Los conocidos como huertos solares son instalaciones de paneles fotovoltaicos que ocupan grandes extensiones de terreno y pueden llegar a producir un fuerte impacto visual en el paisaje.
- La contaminación del aire puede influir negativamente en el rendimiento de este tipo de sistemas.
- Dificultad para almacenar la energía excedente, algunas opciones son:
 - Convirtiendo la energía eléctrica en energía química mediante el uso de baterías y supercondensadores para obtener energía eléctrica de nuevo cuando sea necesario.
 - Mediante saltos de agua artificiales, bombeando agua de un embalse a menor altura a otro a mayor altura cuando hay excedentes para luego generar electricidad mediante turbinas hidráulicas aprovechando la energía potencial y cinética del agua.
 - Otros sistemas como pilas de combustible que utilizan el hidrogeno como elemento energético.
- Los paneles fotovoltaicos tienen una vida útil de entre 25 y 30 años y en la actualidad no existen suficientes empresas que se dediquen al reciclaje de estos equipos por lo que en un futuro puede ser un problema ambiental.

1.5.8 Normativa

La normativa de ámbito estatal aplicada en las instalaciones solares fotovoltaicas es la siguiente:

- **Ley 24/2013**, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico (texto consolidado). BOE nº 310 de 27 de diciembre de 2013.
- **Real Decreto Ley 15/2018**, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores. BOE nº 242 de 6 de octubre de 2018.

- **Real Decreto 900/2015**, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo. BOE nº 423 de 10 de octubre de 2015.
- **Real Decreto 244/2019**, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica. BOE nº 83 de 6 de abril de 2019.
- **Real Decreto 1955/2000**, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica (texto consolidado). BOE nº 310 de 27 de diciembre de 2000.
- **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. BOE nº 3295 de 8 de diciembre de 2011.
- **Real Decreto 1048/2013**, de 27 de diciembre, por el que se establece la metodología para el cálculo de la retribución de la actividad de distribución de energía eléctrica. BOE nº 312 de 30 de diciembre de 2013.
- **Real Decreto 842/2002**, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión (texto consolidado). BOE nº 224 de 18 de septiembre de 2002.
- **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. BOE nº 139 de 9 de junio de 2014.
- **Real Decreto 1110/2007**, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico (texto consolidado). BOE nº 224 de 18 de septiembre de 2007.
- **Real Decreto Legislativo 2/2004**, de 5 de marzo por el que se aprueba el texto refundido de la Ley Reguladora de las Haciendas Locales. BOE nº 59 de 9 de marzo de 2004.

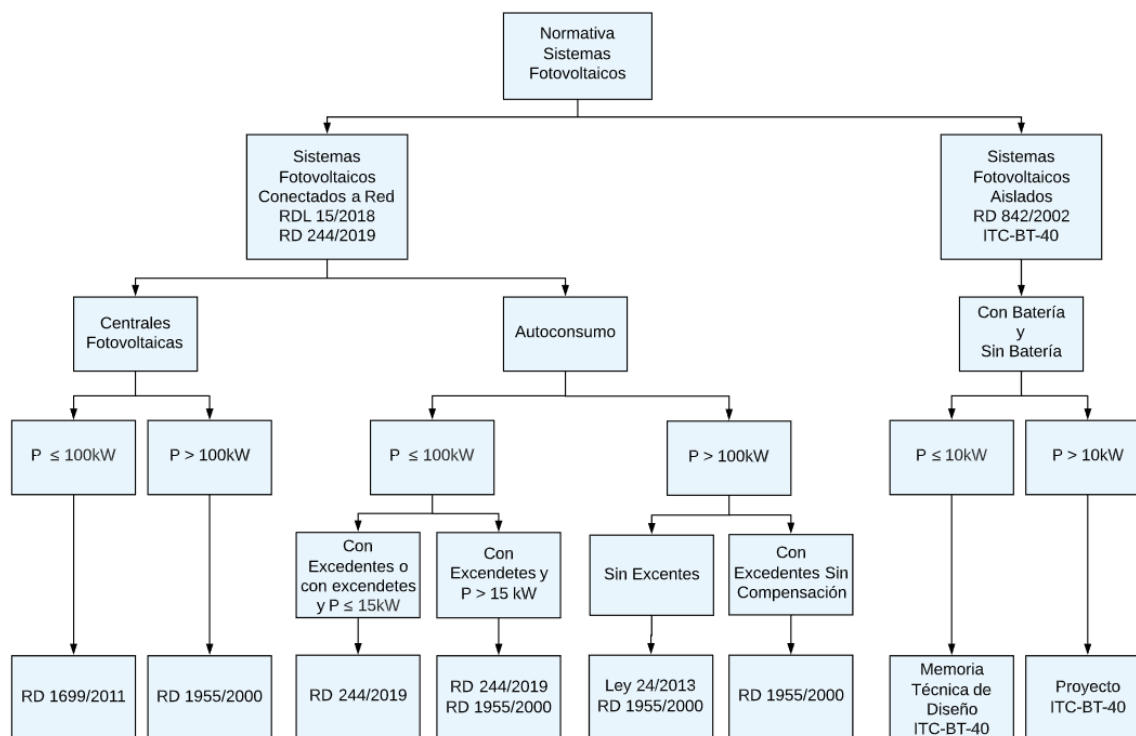


Ilustración 19: Resumen normativa de ámbito estatal.^[12]

También se debe tener en cuenta la normativa de ámbito autonómico, en el caso de Canarias existen las siguientes particularidades que se deben tener en cuenta:

- **Ley 4/2017**, de 13 de julio, del Suelo y de los Espacios Naturales Protegidos de Canarias, BOE nº 216 de 8 de septiembre de 2017 y sus posteriores modificaciones.
- **Anexo VIII del Decreto 141/2009**, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento por el que se regulan los procedimientos administrativos relativos a la ejecución y puesta en servicio de las instalaciones eléctricas en Canarias. BOC nº 230 de 24 de noviembre de 2009.
- **Norma particular para centros de transformación hasta 30 kV, en el ámbito de suministro eléctrico de UNELCO**, de 19 de agosto de 1997. BOC nº 31 de 12 de marzo de 1999.

1.6 Mantenimiento industrial

El mantenimiento industrial lo conforman las técnicas cuya finalidad es conservar los equipos e instalaciones durante el mayor tiempo posible y obtener de ello el máximo rendimiento. [35]

El mantenimiento y su estudio ha experimentado una constante evolución desde principios del siglo XX.

1.6.1 Tipos de mantenimiento

En la literatura sobre mantenimiento industrial se mencionan diferentes tipos de mantenimiento, pero se puede simplificar en dos grandes grupos, como se muestra en la Ilustración 20, mantenimiento correctivo y preventivo.

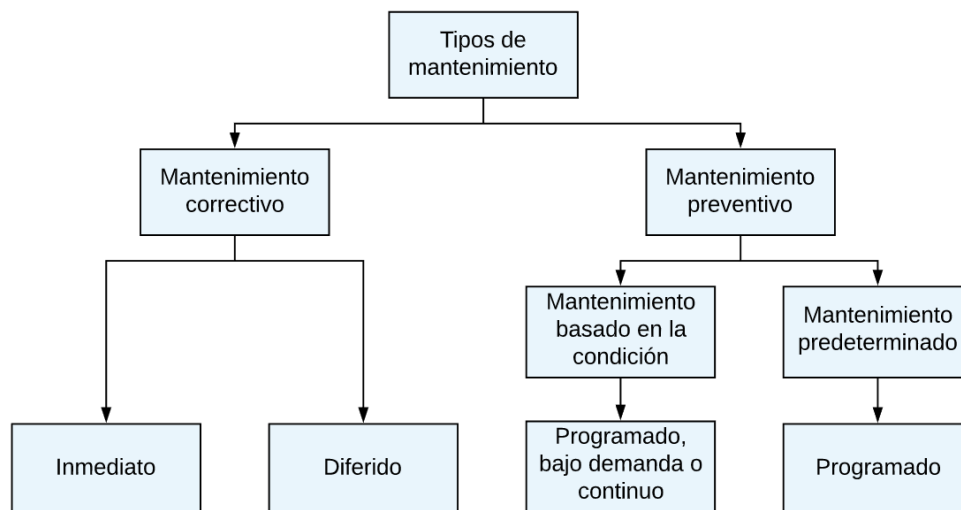


Ilustración 20: Tipos de mantenimiento. [33] [36]

1.6.1.1 Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo solo se realiza cuando existe un fallo o avería y este mantenimiento se puede realizar de forma inmediata o diferida tras detectarse el fallo.

Las ventajas de aplicar este tipo de mantenimiento son:

- No es necesario una planificación previa al fallo o avería.

- Reducción de los costes en personal.
- El aprovechamiento de la vida útil de los equipos es máximo.

Entre los inconvenientes se puede destacar que:

- Al presentarse la avería de forma inesperada puede causar paradas de la producción no previstas.
- Problemas derivados de la disponibilidad de los repuestos.
- En algunos casos el coste de reparación puede ser muy elevado.

1.6.1.2 Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo se realiza antes de producirse el fallo o avería, este mantenimiento se basa en la experiencia del equipo de mantenimiento y en los manuales proporcionados por los fabricantes.

Las ventajas de aplicar este tipo de mantenimiento son:

- Se reducen las paradas imprevistas de la producción debido a fallos o averías.
- Mejor planificación y control sobre el mantenimiento.

Entre los inconvenientes se puede destacar que:

- Es necesario contar con personal dedicado a realizar este tipo de mantenimiento.
- No se aprovecha el máximo de la vida útil de algunos componentes de los equipos.

Del mantenimiento preventivo se puede derivar el conocido como mantenimiento predictivo que está basado en conocer la situación real de cada equipo de la instalación para realizar el mínimo número de paradas posibles para realizar el mantenimiento preventivo y así aumentar la producción.

1.6.2 Recursos humanos

Existen diferentes puestos de trabajo dentro del organigrama de una empresa dependiendo del tamaño de esta, con relación al mantenimiento se pueden destacar los siguientes:

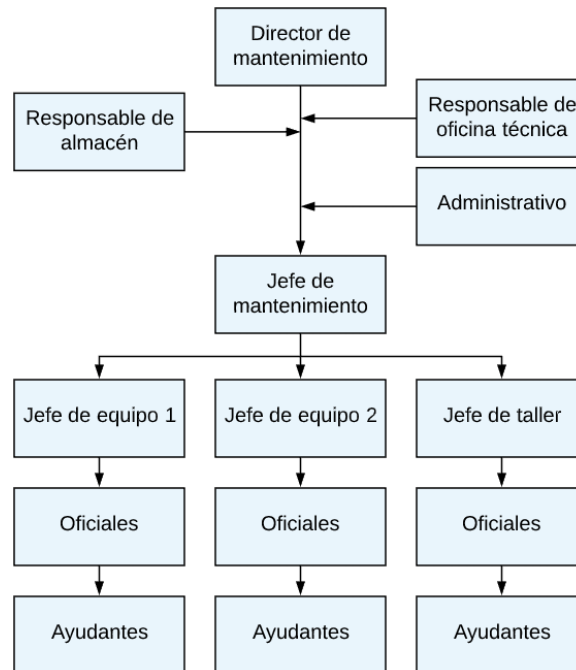


Ilustración 21: Ejemplo de organigrama de mantenimiento. ^[35]

1.6.2.1 Dirección del mantenimiento

Las empresas de gran tamaño cuentan con la figura del director de mantenimiento, es el encargado de asegurar los objetivos organizativos y económicos del área de mantenimiento, normalmente es una persona con gran experiencia en el sector.

1.6.2.2 Jefe de mantenimiento

En empresas pequeñas cumplen las funciones del director de mantenimiento, en caso de existir la figura del director de mantenimiento, los jefes de mantenimiento son los encargados de asignar los recursos y se encargan del cumplimiento de los objetivos marcados.

1.6.2.3 Jefes de equipo

Este grupo está formado por encargados cuyo objetivo es proporcionar a los operarios el material necesario, solucionar problemas técnicos que se produzcan en la realización de las tareas y buscar el mayor rendimiento de su equipo de trabajo.

1.6.2.4 Operarios de mantenimiento

Tanto los oficiales como ayudantes son los puestos que se relacionan directamente con las actividades de mantenimiento, en este grupo se encuentran los mecánicos, electricistas, electrónicos, cerrajeros, etc.

1.6.3 GMAO

La gestión del mantenimiento asistido por ordenador (GMAO) presenta las siguientes ventajas e inconvenientes.

Ventajas:

- Mejor control de las actividades.
- Consulta del historial de mantenimiento más rápida.
- Mejor control del gasto en mantenimiento.

Inconvenientes:

- Alta inversión inicial, en caso de utilizar software propietario.
- Necesidad de formar al personal de mantenimiento en la utilización del sistema.
- Complejidad del sistema de mantenimiento.

1.6.4 Externalización del mantenimiento

Una de las opciones que pueden tomar las empresas de la de externalizar el mantenimiento, es decir, que el mantenimiento de toda o de parte de la instalación sea realizado por una empresa externa. Cualquier empresa debe

considerar esta opción que implica las siguientes ventajas e inconvenientes, que deben ser estudiadas antes de tomar una decisión.

Ventajas:

- Reducción de costes en personal.
- En casos en los que el mantenimiento requiera de una especialización o tecnología concreta, se reducen costes derivados de los equipos y de la formación del personal.
- La empresa se centra en su actividad principal.

Inconvenientes:

- Posible pérdida del control de la instalación.
- Dificultad para hacer un seguimiento de los costes del mantenimiento.
- Pérdida de conocimiento del funcionamiento de la instalación y sus equipos.

1.6.5 Normas UNE

Algunos de los documentos normativos UNE aplicados al mantenimiento industrial son las siguientes:

UNE 200001-3-5:2002. Gestión de la confiabilidad.

UNE-EN 13269:2016. Guía para la preparación de contratos de mantenimiento.

UNE-EN 13306:2018. Terminología del mantenimiento.

UNE-EN 13460:2009. Documentos para el mantenimiento

UNE-EN 15341:2008. Indicadores clave del rendimiento del mantenimiento.

UNE-EN 61703:2016. Expresiones matemáticas para los términos de fiabilidad, mantenibilidad y de logística del mantenimiento.

2. Instalación

2.1 Descripción de la instalación

La instalación está formada por dos instalaciones fotovoltaicas independientes conectadas a red sin autoconsumo, una de 280 kW de potencia nominal que se beneficia de una prima fotovoltaica, por lo que su beneficio económico es mayor, y una instalación de 600 kW de potencia nominal sin prima. El mantenimiento de ambas plantas fotovoltaicas se realiza de forma conjunta.

La orientación de los módulos fotovoltaicos es sureste con una inclinación de 10°. Dichos módulos se distribuyen en grupos de paneles en paralelo y cada grupo se compone de un número de módulos en serie llamados string. El número total de módulos fotovoltaicos es de 5.288 conectados a 9 inversores trifásicos de 100 kW.

Además, se cuenta con un centro de transformación de 1000 KVA para verter la energía eléctrica producida a la red de distribución eléctrica.

A continuación, se detallan las características de cada una de las instalaciones de forma individual.

2.1.1 Instalación de 280 kW

Las características principales de la instalación de 280 kW son las siguientes:

- Potencia máxima de la instalación: 281,4 kWp
- Número de módulos fotovoltaicos: 1.608 unidades de la marca ITER.
- Número de inversores: 3 inversores trifásicos de 100 kW modelo Teide-100.

La planta solar fotovoltaica se divide en 3 grupos de los cuales 2 son de 100 kW y el tercero de 80 kW de potencia nominal.

Esta instalación ocupa una superficie total de 2.081,14 m² y los módulos se distribuyen de la siguiente forma:

- 2 de los inversores reciben 19 grupos en paralelo formados por 30 módulos fotovoltaicos en serie cada uno de los grupos.
- 1 de los inversores recibe 18 grupos en paralelo formados por 26 módulos fotovoltaicos en serie cada uno de los grupos.

2.1.2 Instalación de 600 kW

Las características principales de la instalación de 600 kW son las siguientes:

- Potencia máxima de la instalación: 644 kWp.
- Número de módulos fotovoltaicos: 3680 unidades de la marca Shanghai Chaori.
- Número de inversores: 6 inversores trifásicos de 100 kW modelo Teide-100.

La planta solar fotovoltaica se divide en 6 grupos de 100 kW cada uno.

Esta instalación ocupa una superficie total de 4.698,04 m².y los módulos se distribuyen de la siguiente forma:

- 5 de los inversores reciben 31 grupos en paralelo formados por 20 módulos fotovoltaicos en serie cada uno de los grupos.
- 1 de los inversores recibe 29 grupos en paralelo formados por 20 módulos fotovoltaicos en serie cada uno de los grupos.

2.1.3 Centro de transformación

El centro de transformación de la instalación cuenta con un transformador en aceite de 1000 kVA, clase B2, 420 V/ 24 kV al que está conectada la instalación fotovoltaica.

Suministra una tensión trifásica de 20 kV con frecuencia de 50 Hz y se emplean cables subterráneos para realizar la conexión entre el centro de transformación y el centro de distribución al cual se va a inyectar la energía generada en la instalación.



Ilustración 22: Ejemplo de centro de transformación PFU-5. [21]

En la Ilustración 22 se muestra el exterior de un centro de transformación similar al existente.

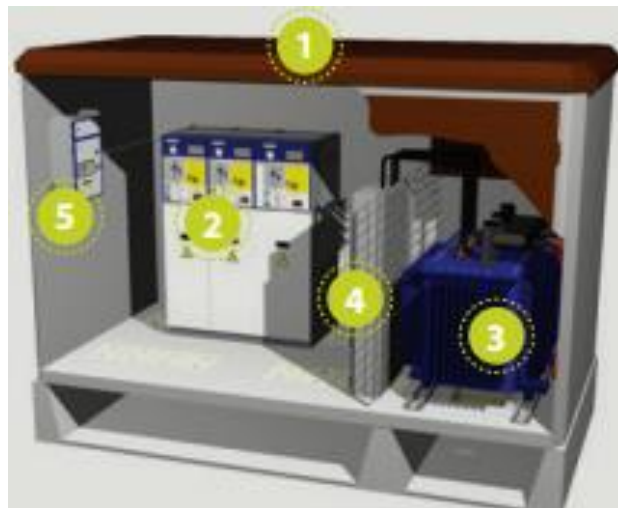


Ilustración 23: Ejemplo del interior de un centro de transformación. [21]

En la Ilustración 23 se muestra el interior de un centro de transformación similar al existente, cuyos componentes son principalmente:

1. Envolvente.
2. Aparamenta de media tensión.
3. Transformador.
4. Cuadro de baja tensión
5. Unidad de protección, control y medida.

2.2 Características técnicas de los equipos

2.2.1 Módulos fotovoltaicos

Características del módulo fotovoltaico de la instalación de 280 kW.

Fabricante:	ITER
Modelo:	ST-175
Nº de células	48 células de silicio policristalino
Características eléctricas	En condiciones estándar de medida (25°C, AM 1,5, 1000 W/m ²)
Potencia máxima (P_{max}):	175 W
Tensión a P_{max} (V_{mp}):	23,6 V
Intensidad a P_{max} (I_{mp}):	7,42 A
Intensidad de cortocircuito (I_{sc}):	8,13 A
Tensión de circuito abierto (V_{oc}):	30,6 V
Características mecánicas	
Peso:	16,0 kg
Dimensiones:	1306 x 991 x 40 mm
Longitud de conectores:	800 mm (+) y 800 (-)
Sección de conectores:	4,0 mm ²
Eficiencia del módulo:	13,75%

Tabla 2: Características técnicas del módulo fotovoltaico, instalación 280 kW.

En la Ilustración 24 se muestra el módulo fotovoltaico empleado en la instalación de 280 kW.



Ilustración 24: Módulo fotovoltaico 175 kW marca ITER.

Características del módulo fotovoltaico de la instalación de 600 kW.

Fabricante:	Shanghai Chaori
Modelo:	CRM175S
Nº de células	72 células de silicio monocristalino
Características eléctricas	En condiciones estándar de medida (25°C, AM 1,5, 1000 W/m ²)
Potencia máxima (P _{max}):	175 W
Tensión a P _{max} (V _{mp}):	35,0 V
Intensidad a P _{max} (I _{mp}):	5,0 A
Intensidad de cortocircuito (I _{sc}):	5,42 A
Tensión de circuito abierto (V _{oc}):	43,0 V
Características mecánicas	
Peso:	15,0 kg
Dimensiones:	1580 x 808 x 46 mm
Longitud de conectores:	900 mm (+) y 900 (-)
Sección de conectores:	4,0 mm ²
Eficiencia del módulo:	15,5%

Tabla 3: Características técnicas del módulo fotovoltaico, instalación 600 kW.

En la Ilustración 25 se muestra el módulo fotovoltaico empleado en la instalación de 600 kW.



Ilustración 25: Módulo fotovoltaico 175 kW, marca Shanghai Chaori.

2.2.2 Soportes

Los soportes empleados en la instalación están formados por perfiles de aluminio modulares que permiten ser desmontados, su altura es de 1,22 m en su punto más alto, con una pendiente de 10° y su punto más cercano al suelo se encuentra a 0,25 m.

El sistema de anclaje a la losa de la cubierta es mediante tacos químicos y para las uniones de los perfiles de aluminio se emplea tornillería y accesorios de acero inoxidable.

2.2.3 Inversores

En la Ilustración 26 se presenta el diagrama de funcionamiento del inversor empleado en la instalación.

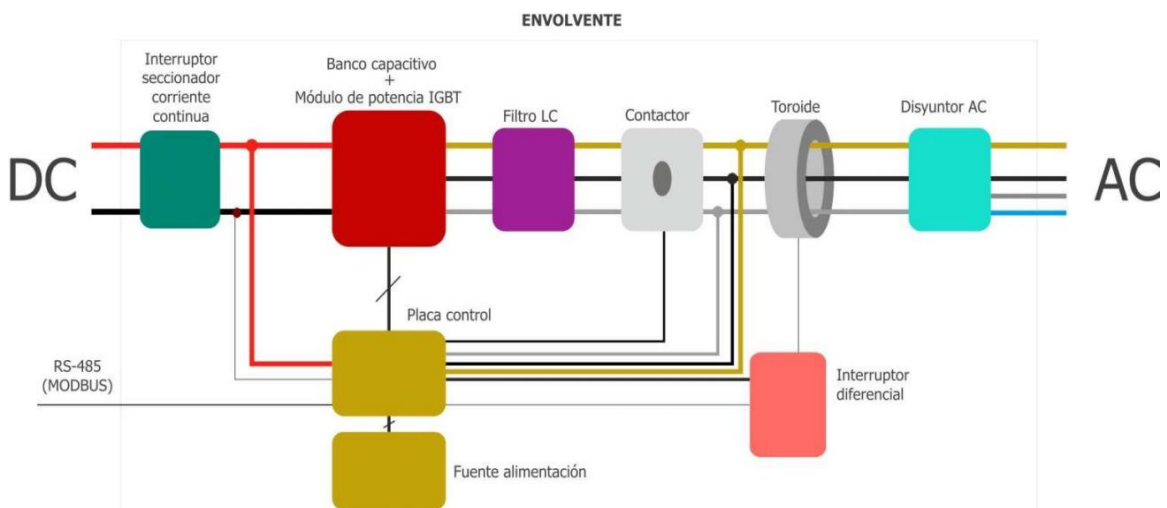


Ilustración 26: Diagrama de funcionamiento. Inversor ITER TEIDE100. [22]

El inversor cuenta con un contactor controlado electrónicamente para realizar las acciones de conexión y desconexión en caso de que sea necesario desconectarse por algún tipo de alarma o en caso de que no deba verter a la red.

Los 9 inversores de la planta son del mismo modelo cuyas características son:

Fabricante	ITER	
Modelo	TEIDE 100	
Potencia nominal	100 kW	
Características mecánicas		
Dimensiones	61 x 61 x 200 cm	
Peso	300 kg	
Entrada de DC	Mínimo	Máximo
Tensión mínima MPP	600 V	-
Corriente de entrada	-	160 A
Potencia de entrada	1,5 kW	103 kW
Salida 3x400 V AC	Mínimo	Máximo
Rango de tensiones de operación	340 V	440 V
Rango de frecuencias de red	47,5 Hz	51 Hz
Corriente de salida (disyuntor)	-	160 A
Factor de potencia	0,99	-
Potencia de salida	1 kW	100 kW
Distorsión THD de corriente, a salida nominal	-	4%
Distorsión armónica de la tensión (TRF 100 kW)	-	2%
Rendimiento en el punto MPP	97%	98,5%
Eficiencia europea	-	97,46%
Características ambientales	Mínimo	Máximo
Temperatura de operación	0 °C	45 °C
Humedad relativa	-	90%

Tabla 4: Características técnicas del inversor.

2.2.4 Cableado

En ambas instalaciones se debe distinguir entre el cable de corriente continua que conecta los paneles solares con la entrada de los inversores y el cableado de corriente alterna que conecta la salida de los inversores con el centro de transformación.

Se cuenta con una instalación de puesta a tierra en la que todas las masas, tanto de continua como de alterna se encuentran conectadas a una única tierra. Dicha tierra es independiente de la tierra del neutro de la empresa distribuidora.

A continuación, se va a comprobar que los cables utilizados en la instalación cumplen con el reglamento.

- **Cableado de corriente continua de la instalación de 280kW.**

Al estar dividido en grupos de 100 kW la corriente máxima del cable será.

$$\text{Corriente máxima total} = I_{SC} \cdot n^{\circ} \text{ de paneles en paralelo} = 8,13 \cdot 19 = 154,47A$$

Se dimensiona para una intensidad no inferior al 125%, por tanto, la intensidad máxima será de 193,09A, para cumplir el REBT la sección mínima debería ser de 95 mm² con una intensidad máxima admisible de 230A. El proyectista de la instalación ha optado por aumentar la sección del cable por razones económicas al reducir las pérdidas y prolongar la vida útil, eligiendo un cable de aluminio para uso a la intemperie con aislamiento XLPE de 1 kV y sección de 240 mm².

- **Cableado de corriente alterna de la instalación de 280kW.**

La corriente máxima de salida del inversor es de 160A, se dimensiona para una intensidad no inferior al 125% por tanto la intensidad máxima será de 200A, para cumplir el REBT la sección mínima debería ser de 70 mm² con una intensidad máxima admisible de 214A. El proyectista de la instalación ha optado por aumentar la sección del cable por razones económicas al reducir las pérdidas, prolongar la vida útil y reducir la caída de tensión debida a la distancia, eligiendo un cable de cobre para uso a la intemperie y sección de 120 mm².

- **Cableado de corriente continua de la instalación de 600kW.**

Al estar dividido en grupos de 100 kW la corriente máxima del cable será.

$$\text{Corriente máxima total} = I_{SC} \cdot n^{\circ} \text{ de paneles en paralelo} = 5,42 \cdot 31 = 168,02A$$

Se dimensiona para una intensidad no inferior al 125%, por tanto, la intensidad máxima será de 210,025A, para cumplir el REBT la sección mínima debería ser de 95 mm² con una intensidad máxima admisible de 230A. El proyectista de la instalación ha optado por aumentar la sección del cable por razones económicas al reducir las pérdidas y prolongar la vida útil, eligiendo un cable de aluminio para uso a la intemperie con aislamiento XLPE de 1 kV y sección de 240 mm².

- **Cableado de corriente alterna de la instalación de 600kW.**

La corriente máxima de salida del inversor es de 160A, se dimensiona para una intensidad no inferior al 125% por tanto la intensidad máxima será de 200A, para cumplir el REBT la sección mínima debería ser de 70 mm² con una intensidad máxima admisible de 214A. El proyectista de la instalación ha optado por aumentar la sección del cable por razones económicas al reducir las pérdidas, prolongar la vida útil y reducir la caída de tensión debida a la distancia, eligiendo un cable de cobre para uso a la intemperie y sección de 120 mm².

2.2.5 Centro de transformación

El centro de transformación cuenta con las siguientes características:

Dimensiones interiores	
Longitud	5,90 m
Ancho	2,20 m
Altura	2,36 m
Superficie	13 m ²
Dimensiones exteriores	
Longitud	6,08 m
Ancho	2,38 m
Altura	3,05 m
Superficie	14,5 m ²
Altura vista	2,59 m

Tabla 5: Características del centro de transformación.

Todas las partes metálicas de los equipos instalados en el centro de transformación se encuentran conectados a una tierra de protección.

La línea subterránea que une el centro de transformación con el centro de distribución emplea 3 conductores de 240 mm² con aislamiento XLPE, instalados en tubos corrugados de 90 mm de diámetro.

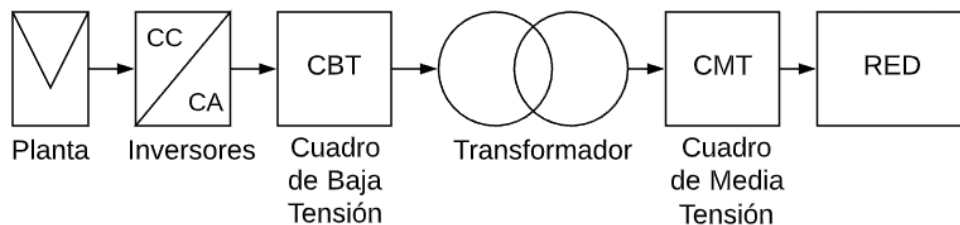


Ilustración 27: Diagrama de la instalación.

2.3 Producción de la instalación

2.3.1 Estudio de producción

Se ha realizado un estudio de la producción de energía de la planta comparando la producción real con la producción teórica. En el anexo II se muestran las gráficas comparativas y los datos utilizados.

Los datos utilizados han sido:

- Irradiación solar proporcionados por el sensor de irradiación solar situado en la instalación. ^[30] Este sensor se debe instalar con la misma orientación e inclinación que los módulos fotovoltaicos. Pese a que no se han podido obtener las características del sensor utilizado, se constata que es similar al mostrado en la Ilustración 28.

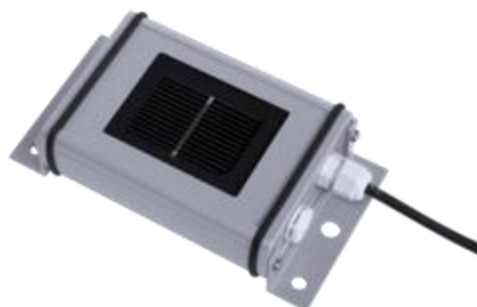


Ilustración 28: Ejemplo de sensor de irradiación solar.^[46]

- Temperaturas diarias medias en la zona, se han obtenido del Cabildo de Tenerife. [38]
- Características de los paneles fotovoltaicos y el inversor detalladas en las hojas de características.
- Producción real de la instalación entre los meses de octubre de 2018 y septiembre de 2019, proporcionados por la empresa. [30]

Para el cálculo de la producción de energía teórica se han tenido en cuenta:

- Las pérdidas en el inversor, debido a que tienen una eficiencia del 97,46%, valor obtenido de la ficha de características del inversor.
- Las pérdidas de fresnel, producidas por la difracción en el panel, en los módulos policristalinos son de aproximadamente el 2%.
- Las pérdidas por temperatura, al aumentar la temperatura disminuye la potencia del panel, son aproximadamente del 2,5%.
- Las pérdidas por resistencias en serie, es decir, cables, conexiones, etc.
- No se ha considerado la posible degradación de los paneles con el paso del tiempo al ser una instalación ya en uso.

A continuación, se muestran las fórmulas empleadas para el cálculo de la energía teórica generada:[40]

Para obtener la temperatura media en el módulo se emplea la siguiente fórmula:

$$T_{mp} = \frac{(G_i)(NOTC - 20)}{800} + T_{md}$$

Donde:

- **T_{mp}**: Temperatura media del módulo
- **NOTC**: Temperatura de operación normal del módulo, se obtiene de las fichas características, en este caso 44°C.
- **G_i**: Irradiancia.
- **T_{md}**: Temperatura media diurna

Las pérdidas por la temperatura del panel se obtienen de:

$$PR_{TEMP} = 1 - (T_{mp} - 25) \cdot C_{temp}$$

Donde:

- **PR_{TEMP}**: Coeficiente de Rendimiento con la temperatura
- **C_{temp}**: Coeficiente de temperatura del módulo.

Por último, la relación de rendimiento se obtiene de:

$$PR = PR_{TEMP} \cdot PR_{FRE} \cdot PR_{CC} \cdot PR_{DIS} \cdot PR_{INV}$$

Donde:

PR: Coeficiente de rendimiento de la instalación.

PR_{FRE}: Coeficiente de Rendimiento por pérdidas Fresnell.

PR_{CC}: Coeficiente de Rendimiento por pérdidas de resistencia serie.

PR_{DIS}: Coeficiente de Rendimiento por pérdidas de dispersión.

PR_{INV}: Coeficiente de Rendimiento por pérdidas de conversión CC/CA.

Tal y como se muestra en la Tabla 6 y Tabla 7 se ha calculado la energía teórica generada por las dos instalaciones, teniendo en cuenta las pérdidas nombradas anteriormente, y comparada con la producción real.

Instalación 280 kW			
Meses	Energía Teórica Generada (kWh)	Producción Real (kWh)	Diferencia %
Enero	31.535,71	26.382,00	16,34
Febrero	37.167,30	30.180,00	18,80
Marzo	44.608,75	38.869,00	12,87
Abril	48.318,31	4.3605,00	9,75
Mayo	58.752,31	50.315,00	14,36
Junio	51.270,56	41.919,00	18,24
Julio	58.881,66	51.330,00	12,83
Agosto	55.537,91	46.727,00	15,86
Septiembre	49.654,03	41.446,00	16,53
Octubre	46.854,85	29.735,00	36,54
Noviembre	38.828,18	24.747,00	36,27
Diciembre	35.868,82	27.421,00	23,55
Total	557.278,39	452.676,00	18,77

Tabla 6: Comparativa de energía generada teórica y real, instalación 280kW.

Instalación 600 kW			
Meses	Energía Teórica Generada (kWh)	Producción Real (kWh)	Diferencia %
Enero	71.376,88	54.647,37	23,44
Febrero	84.123,24	67.041,36	20,31
Marzo	100.965,97	78.769,50	21,98
Abril	109.362,04	88.430,18	19,14
Mayo	132.978,02	108.514,03	18,40
Junio	116.044,07	93.590,26	19,35
Julio	133.270,78	111.705,63	16,18
Agosto	125.702,65	107.673,50	14,34
Septiembre	112.385,28	94.845,69	15,61
Octubre	106.049,71	60.798,79	42,67
Noviembre	87.882,40	51.047,23	41,91
Diciembre	81.184,30	56.244,80	30,72
Total	1.261.325,32	973.308,00	22,83

Tabla 7: Comparativa de energía generada teórica y real, instalación 600kW.

A continuación, en la Tabla 8 se muestra la suma total de la energía producida por la instalación.

Planta fotovoltaica			
Meses	Energía Teórica Generada (MWh)	Producción Real (MWh)	Diferencia %
Total	1.818,60	1.425,98	21,59

Tabla 8: Comparativa de energía generada teórica y real, planta fotovoltaica.

Se puede observar que entre los meses de octubre y diciembre se producen aumentos de la diferencia entre la energía teórica generada y la producción real, esto se debe a los fallos producidos en diferentes inversores de la instalación que al desconectarse producen una caída de la producción.

Por último, se ha realizado un estudio medioambiental del ahorro de emisiones de CO₂ al producir la energía mediante energía solar fotovoltaica. Para ello se ha utilizado el factor de emisiones publicado por IDAE. [39]

$$0,766 \frac{CO_2}{kWh}$$

Este factor considera las emisiones de CO₂ producidas por las diferentes tecnologías que emplean combustibles fósiles, en este caso en Canarias.

En la Tabla 9 se muestra el ahorro total anual de la instalación sumando el ahorro de la instalación de 280 kW y la de 600 kW.

Ahorro Anual de Emisiones Teórico (Kg CO₂)	1.411.236,48
Ahorro Anual de Emisiones Real (Kg CO₂)	1.106.563,84
Ahorro Anual de Emisiones Teórico (Tn CO₂)	1.411,24
Ahorro Anual de Emisiones Real (Tn CO₂)	1.106,56

Tabla 9: Ahorro anual de emisiones de CO₂.

2.3.2 Propuestas de mejora de la instalación

A continuación, se plantean una serie de mejoras que permitirán optimizar la producción ya que facilitan las tareas de mantenimiento y el control de las averías.

2.3.2.1 Caja de string

En el estado actual de la instalación se han detectado las siguientes anomalías y se proponen sus correspondientes soluciones:

- **Protecciones:**
 - **Problema:** Los diferentes strings de la instalación no cuentan con los elementos de corte y protección necesarios para aislar de forma individual cada string, esto dificulta la detección de averías al no saber que string se ha producido el fallo y por tanto aumenta el tiempo empleado en solucionarlo.



Ilustración 29: Ausencia de elementos de protección. [30]

- **Solución:** Añadir los elementos de corte y protección necesarios para una instalación de estas características.

Los cálculos para un string de 30 paneles en serie de la instalación de 280 kW serían:

$$V = n^{\circ} \text{ de módulos} \cdot \text{voltaje} = 30 \cdot 23.6 = 708V$$

$$P = n^{\circ} \text{ de módulos} \cdot \text{potencia} = 30 \cdot 175 = 5250W$$

$$I = \frac{P}{V} = \frac{5250}{708} = 7,41A$$

Para realizar el corte de un string de la instalación de 280 kW sería necesario un interruptor unipolar de 10A.

Los cálculos para un string de 20 paneles en serie de la instalación de 600 kW serían:

$$V = n^{\circ} \text{ de módulos} \cdot \text{voltaje} = 20 \cdot 35 = 700V$$

$$P = n^{\circ} \text{ de módulos} \cdot \text{potencia} = 20 \cdot 175 = 3500W$$

$$I = \frac{P}{V} = \frac{3500}{700} = 5A$$

Para realizar el corte de un string de la instalación de 600 kW sería necesario un interruptor unipolar de 6A.

- **Distribución del cableado y cajas de agrupamiento:**
 - **Problema:** Los diferentes string se agrupan sin posibilidad de realizar cortes individuales, la caja de agrupamientos de string en paralelo se realiza mediante un tornillo sin emplear aparataje eléctrica de corte y protección, esto impide mantener el resto de strings en funcionamiento mientras se realizan tareas de mantenimiento a uno de los string.



Ilustración 30: Agrupamiento de string. [30]

- **Solución:** Emplear una caja de string que permita aislar cada string de forma individual en caso de averías, además de añadir los elementos de corte y protección necesarios. El modelo elegido es de la marca Phoenix Contact, modelo SOL-SC1-32-0-FI-VMC-T1-SD1-22 tal y como se muestra en la Ilustración 31, ya que permite la conexión de hasta 32 strings, incluye interruptor de desconexión, protección contra sobretensiones y sistema de monitorización.



Ilustración 31: Caja de string. Marca Phoenix Contact. [37]

- **Detección de averías:**

- **Problema:** Con la actual distribución del cableado y agrupamiento dificulta la detección de las averías de tipo cortocircuito, derivaciones a tierra o desconexión de alguno de los strings.



Ilustración 32: Ejemplo de distribución del cableado.

- **Solución:** Mejorar la distribución del cableado, realizar conexiones independientes para cada string en una caja de string y etiquetar cada uno de los grupos para facilitar la identificación.

2.3.2.2 Unidad de monitorización de string

Una segunda propuesta de mejora, tras la instalación de las cajas de string y la conexión de forma individual, sería instalar una unidad de monitorización de string que monitorice las tensiones e intensidades de cada string y mediante un plc enviar avisos al detectar un fallo y así realizar a las actividades de mantenimiento correctivo lo antes posible y reducir el tiempo que la instalación ve disminuida su producción.

La monitorización de string permite detectar fallos que la monitorización del inversor empleada actualmente no es capaz de detectar.

En la Ilustración 33 se muestra un ejemplo comercial de estos dispositivos en este caso el sistema de monitorización se basa en sensores Hall, se ha elegido este sistema debido a que miden la corriente por lo que no requiere seccionar el cable, ya que pasa a través del dispositivo de medición.

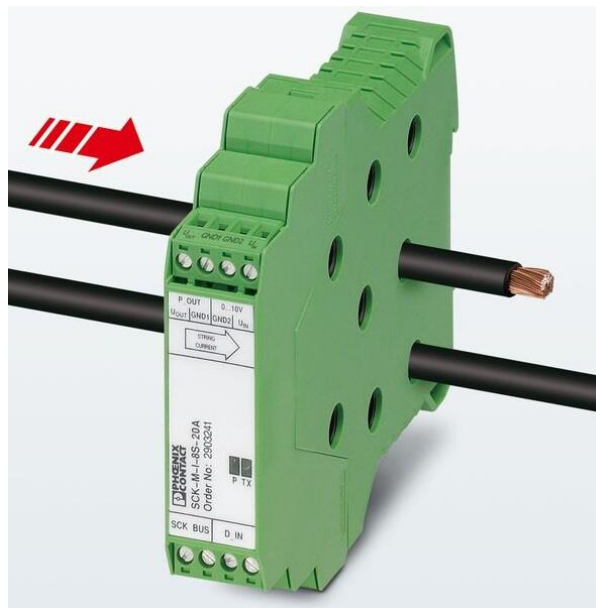


Ilustración 33: Monitorización de string. Marca Phoenix Contact. [37]

3. Plan de mantenimiento

En primer lugar, se expondrá el actual contrato de mantenimiento y a continuación se propone un nuevo plan de mantenimiento.

Además, se realizará el análisis de las posibles averías de la instalación y los recursos materiales y humanos necesarios para realizar el mantenimiento.

3.1 Contrato de mantenimiento actual

A continuación, se muestran los puntos del contrato actual de mantenimiento de la instalación fotovoltaica realizados por una empresa externa, se han elegido los puntos más importantes relacionados con el objetivo de este trabajo, con la finalidad de proponer un nuevo plan de mantenimiento alternativo.

- Operaciones de mantenimiento preventivo:
 - Realización de todas las tareas de mantenimiento preventivo de la instalación y de los inversores de conexión a la red, realizado por personal cualificado, con conocimientos acreditativos en equipos electrónicos y mecánicos, así como el manejo de equipos con microprocesadores y sistemas de comunicación a través de ordenador.
 - Aportaciones de los medios humanos y materiales (entendiéndose como tales: equipos, útiles y herramientas) necesarios para realizar las operaciones de mantenimiento preventivo solicitadas.
 - Limpieza de paneles fotovoltaicos.
 - Registro de todas las operaciones de mantenimiento realizadas.
 - Realización de todas las inspecciones técnicas reglamentarias de los equipos y sistemas exigidas por la administración.
 - Supervisión del funcionamiento y de las prestaciones de la instalación realizando las siguientes actividades:
 - Comprobación de las protecciones eléctricas.
 - Comprobación del estado del inversor: funcionamiento, indicadores de estado, alarmas, etc.

- Comprobación de estado de los módulos: comprobación de la situación respecto al proyecto original y verificación del estado de las conexiones.
- Comprobación del estado mecánico de cables y terminales (incluyendo cables de tomas de tierra y reapriete de bornas), pletinas, transformadores, ventiladores, extractores uniones y reaprietes.
- Operaciones de mantenimiento correctivo:
Atención y resolución de averías e incidencias de los componentes de la instalación por desgaste y/o rotura, incluyendo el suministro de dichos componentes, exceptuando las siguientes eventualidades:
 - Incidencias derivadas de un uso incorrecto de la instalación o los equipos por parte del usuario.
 - Incidencias causadas por elementos externos (descargas atmosféricas, inundaciones, incendios, vandalismo o robo).
 - Manipulación de los equipos o instalaciones por parte del cliente o terceros, salvo cuando medie la autorización escrita de la empresa mantenedora.
- Se garantiza durante toda la vida útil de la instalación una disponibilidad de esta del 95% anual, es decir, cualquier tipo de avería o parada debe resolverse de forma que no supere el 5% de horas de luz solar disponibles al año.
- Los servicios incluyen la mano de obra, medios materiales, consumibles, transporte y desplazamientos. Además, la empresa de mantenimiento es responsable de gestionar el almacén de repuestos necesarios para la realización de las operaciones de mantenimiento.
- La empresa mantenedora debe comprobar el correcto funcionamiento de la instalación y debe comunicar a la empresa propietaria todas las posibles incidencias y paradas de la instalación.
- Preparación de informes de producción energética de la instalación y de las actuaciones de mantenimiento realizadas.

- El precio por los servicios de operación y mantenimiento tanto preventivo como correctivo será equivalente al 8% del rendimiento económico bruto de la energía facturada por la instalación.

Tras consultar con la empresa propietaria de la instalación se comprueba que no se lleva a cabo un plan de mantenimiento preventivo ya que la empresa mantenedora únicamente realiza el mantenimiento correctivo al detectarse averías o reducciones en la producción. Además, la limpieza de los módulos fotovoltaicos no se realiza con una frecuencia determinada.

3.2 Propuesta de nuevo plan de mantenimiento

3.2.1 Plan de mantenimiento preventivo

A continuación, se explica el mantenimiento preventivo propuesto para la instalación, el objetivo es organizar las tareas de forma que se reduzcan el número de averías, se disminuyan las horas de mantenimiento correctivo necesarias y realizar la limpieza de los módulos fotovoltaicos varias veces al año. Estas actividades deben disminuir las horas que la instalación sufre reducciones de la producción debido a averías, disminuir la suciedad de los módulos que también reduce la producción. Estos cambios deben disminuir la diferencia entre la producción real de la instalación y la generación teórica que se produce actualmente, y por tanto aumentar los beneficios económicos.

En los siguientes puntos de este apartado se realizan las explicaciones de las actividades propuestas en el anexo III, donde se muestra el plan de mantenimiento propuesto para la instalación que contiene las diferentes actividades a realizar clasificadas por los diferentes equipos y la periodicidad necesarias, así como el código correspondiente de plantilla de mantenimiento. Este anexo permite una visualización rápida de las tareas.

En el anexo IV se muestran las plantillas de mantenimiento que se deben utilizar a la hora de realizar las actividades con el objetivo de llevar un control del

mantenimiento. Dichas plantillas deben ser revisadas y archivadas por el jefe de mantenimiento de la instalación.

En la Tabla 10 se puede visualizar un resumen de los códigos y la descripción de las diferentes plantillas incluidas en los anexos.

Código de plantilla	Descripción de la plantilla
PM-PFV-M01	Plantilla de mantenimiento mensual de los paneles fotovoltaicos, inspección visual.
PM-PFV-T01	Plantilla de mantenimiento trimestral de los paneles fotovoltaicos, limpieza.
PM-PFV-T02	Plantilla de mantenimiento trimestral de los paneles fotovoltaicos, inspección termográfica.
PM-PFV-A01	Plantilla de mantenimiento anual de los paneles fotovoltaicos, revisiones eléctricas.
PM-PFV-A02	Plantilla de mantenimiento anual de los paneles fotovoltaicos, revisiones mecánicas.
PM-INV-M01	Plantilla de mantenimiento mensual de los inversores.
PM-INV-S01	Plantilla de mantenimiento semestral de los inversores.
PM-SET-M01	Plantilla de mantenimiento mensual de la estación transformadora.
PM-SET-A01	Plantilla de mantenimiento anual de la estación transformadora, instalación.
PM-SET-A02	Plantilla de mantenimiento anual de la estación transformadora, contraincendios y seguridad.
PM-SET-TA1	Plantilla de mantenimiento trianual de la estación transformadora, requerimientos OCA.
PM-STR-M01	Plantilla de mantenimiento mensual de las cajas de strings, inspección visual.
PM-STR-A01	Plantilla de mantenimiento anual de las cajas de strings.
PM-AVE-L01	Plantilla del listado de averías.
PM-AVE-A01	Plantilla para el análisis detallado de las averías y resolución.

Tabla 10: Códigos de las plantillas de mantenimiento.

Tanto el plan de mantenimiento como las plantillas de mantenimiento son documentos modificables que deben estar en un proceso continuo de mejora debido a que con el tiempo de uso es posible detectar tareas innecesarias, errores, nuevas a tareas a realizar o mejoras de las tareas ya incluidas, la responsabilidad de realizar estas modificaciones recae sobre el jefe de mantenimiento.

En el anexo V se incluyen una plantilla para crear un listado de las averías que se producen en la instalación y una plantilla donde se analiza la información relevante con el objetivo de tener un histórico que sirva de consulta y facilitar los trabajos de reparación. Al igual que con las plantillas de mantenimiento, el listado de averías debe ser revisado y archivado por el jefe de mantenimiento de la instalación.

En el anexo VI se muestra el diagrama de Gantt, previsto para el mantenimiento de la instalación. Se ha elegido el mes de marzo para realizar todas las actividades anuales con el objetivo de tener la instalación en las mejores condiciones de cara a los meses del año con mayor producción de energía.

A continuación, se detallan las explicaciones correspondientes a cada tarea del mantenimiento de los diferentes equipos de la instalación. De manera general se deberá:

- Sustituir cualquier elemento de la instalación que se encuentre desgastado o dañado con el objetivo de proporcionar el mayor nivel de productividad posible durante la vida útil de la instalación.
- Realizar las actividades mantenimiento correctivo en el menor tiempo posible desde que se detecta la avería.

Tras cada revisión junto con las plantillas de mantenimiento completas, el listado con las posibles averías se debe realizar un informe detallado donde se expongan los detalles relevantes de la revisión.

3.2.1.1 Mantenimiento de los paneles fotovoltaicos

El mantenimiento principal de los paneles fotovoltaicos es la limpieza debido a que la suciedad como el polvo o los excrementos de animales pueden producir una reducción de la producción, la frecuencia de limpieza dependerá tanto de los costes de la limpieza como de las condiciones climáticas. Se recomienda que los módulos fotovoltaicos se encuentren en las mejores condiciones en los meses en los que existe mayor producción, es decir entre marzo y septiembre, como se muestra en Tabla 6 y Tabla 7. Se plantea inicialmente realizar la limpieza cuatro veces al año, esta cantidad puede variar por dos motivos, en primer lugar, si no se detectan variaciones de la producción se puede reducir a 3 limpiezas al año y en caso de disminución de la producción por condiciones climáticas se podrán realizar limpiezas adicionales.

Antes de realizar la limpieza hay que asegurarse de:

- Comprobar la temperatura de los paneles y del agua para evitar cambios bruscos de temperatura.
- No hay módulos dañados para evitar que entre agua en ellos.

Se debe utilizar agua osmotizada o descalcificada para evitar manchas y un cepillo especial de limpieza de paneles fotovoltaicos para evitar rayar los paneles.

Tal y como se muestra en el plan de mantenimiento también es necesario comprobar las conexiones de los paneles, sus fijaciones y el soporte. Si tras la inspección visual mensual de estos equipos o la comprobación anual se detectan fallos o averías se debe realizar el mantenimiento correctivo correspondiente.

3.2.1.2 Mantenimiento de los inversores

El mantenimiento de los inversores debe seguir las recomendaciones del fabricante y del plan de mantenimiento destacando la limpieza de los filtros de aire de los inversores para asegurar una correcta refrigeración de los equipos.

3.2.1.3 Mantenimiento del centro de transformación

El centro de transformación a parte de las actividades propuestas en el plan de mantenimiento cada tres años debe superar una inspección realizada por la OCA tal y como establece el 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.

En este apartado también se recogen los sistemas contra incendios y la iluminación del local donde se encuentra situado el centro de transformación.

3.2.1.4 Mantenimiento de las cajas de strings

En caso de aplicar las mejoras indicadas en el apartado 2.3.2.1 Caja de string se deberán aplicar las indicaciones mostradas en el plan de mantenimiento.

3.2.2 Plan de mantenimiento correctivo

La aplicación del plan de mantenimiento correctivo dependerá del tipo de fallo o avería detectado, en cada caso hay que analizar si la empresa puede abordar el trabajo o si por el contrario puede ser necesaria la contratación de una empresa externa para realizarlo, en cualquier caso, se debe realizar la corrección en el menor tiempo posible, salvo causa justificada, para evitar las posibles pérdidas en la producción derivadas de la incidencia. En estos casos también se deberá hacer uso del listado de averías y realizar el correspondiente informe.

3.3 Tipos de averías

Con relación al mantenimiento correctivo es necesario conocer las principales averías que puede presentar una instalación fotovoltaica.

A continuación, se exponen las averías propias de cada componente de la instalación.

3.3.1 Averías del panel fotovoltaico

Es el principal componente de la instalación, un fallo en alguno de los módulos fotovoltaicos puede reducir considerablemente la producción de la instalación y sus principales averías son:

- Rotura de la cubierta del panel debido a golpes fortuitos o por vandalismo, como se muestra en la Ilustración 34.
- Penetración de agua en el interior del módulo debido a una rotura de la superficie produciendo la avería de las células fotovoltaicas.
- Rotura del diodo de bypass.
- Sobrecalentamiento causado por sombreado parcial, produciéndose los conocidos como puntos calientes como se muestra en la Ilustración 35.
- Interconexiones defectuosas entre las celdas fotovoltaicas.
- Deformaciones en el panel debido a materiales de mala calidad.

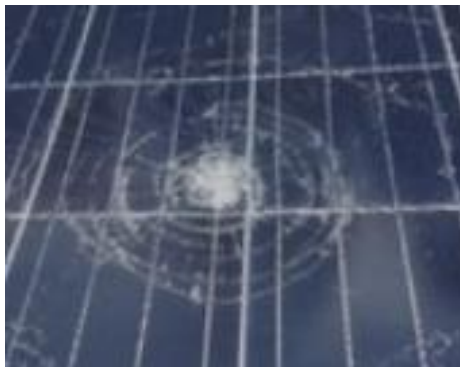


Ilustración 34: Ejemplo de rotura de la superficie de un panel fotovoltaico. [27]

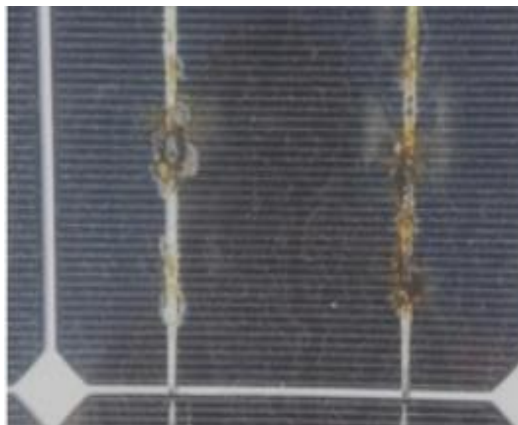


Ilustración 35: Ejemplo de puntos calientes en un panel fotovoltaico. [27]

3.3.2 Averías del soporte

En el caso de los soportes de los paneles fotovoltaicos sus principales averías son la corrosión de las diferentes piezas y fallos en la correcta fijación entre estas como se muestra en la Ilustración 36.



Ilustración 36: Ejemplo de fijación incorrecta. [26]

3.3.3 Averías del inversor

Es la parte de la instalación fotovoltaica que tiene más posibilidades de sufrir algún tipo de avería, algunas de las posibles averías son:

- Fallo en la ventilación del inversor debido a la acumulación de material como puede ser el polvo.
- Voltaje fuera de los rangos establecidos.
- Corriente fuera de los rangos establecidos.
- Frecuencia fuera de los rangos establecidos.
- Mala configuración del inversor, lo que limita la potencia.
- Sobrecargas.
- Cortocircuitos

3.3.4 Averías del cableado

El cableado y sus conexiones pueden presentar las siguientes averías:

- Rotura del aislamiento, como se muestra en la Ilustración 37.

- Seccionamiento del cable.
- Sujeción inadecuada de los terminales.
- Conexiones defectuosas.
- Curvatura insuficiente del cable, como se muestra en la Ilustración 38.



Ilustración 37: Ejemplo de rotura del aislamiento de un cable. [26]



Ilustración 38: Ejemplo de curvatura insuficiente de un cable. [29]

3.3.5 Averías de las protecciones

Algunas de las averías que se pueden producir en las protecciones eléctricas de la instalación son las siguientes:

- Resistencia a tierra elevada.
- Fusibles defectuosos.
- Mal funcionamiento de los interruptores diferenciales.
- Mal funcionamiento de los interruptores magnetotérmicos.

3.3.6 Averías del centro de transformación

El centro de transformación puede presentar las siguientes averías:

- Daños en la obra civil como humedades, etc.
- Problemas de ventilación de la sala.
- Problemas de temperaturas.
- Desgaste de los seccionadores.
- Disparo de las protecciones.
- Fugas a tierra.
- Tensiones incorrectas.
- Problemas relacionados con el aceite como pérdidas o degradación.

3.3.7 Averías de la caja de string

En caso de optar por la mejora de la instalación, las posibles averías que presentan las cajas de string son:

- Problemas en la fijación y estanqueidad de la caja.
- Malas conexiones.
- Rotura de fusibles.

3.4 Recursos

A continuación, se indican los recursos tanto humanos como materiales necesarios para llevar a cabo el mantenimiento de la instalación fotovoltaica.

3.4.1 Recursos materiales

Con relación a los recursos materiales hay que distinguir entre los principales repuestos necesarios en la instalación, los consumibles y las herramientas necesarias para llevar a cabo el mantenimiento. Es fundamental contar con los planos As-Built de la instalación ya que permiten al personal de mantenimiento

conocer las posibles modificaciones que ha sufrido la instalación a lo largo de los años.

Es necesario tener un stock de consumibles, piezas de repuesto y equipos para evitar una disminución de la producción de la planta fotovoltaica en caso de avería de alguno de los equipos, debido al coste de almacenar material es necesario conocer la frecuencia con la que se produce la avería y el efecto económico que produce el no disponer del repuesto necesario para mantener la producción con normalidad. Es importante realizar informes sobre las averías detectadas con el objetivo de optimizar el almacenamiento de repuestos.

Cada repuesto debe estar identificado con un código de repuesto, su fabricante, su proveedor, su coste y se debe conocer su ubicación dentro del almacén, para facilitar su búsqueda cuando sea necesario.

A continuación, se muestra un listado de los repuestos que se recomienda almacenar en cantidades acordes al tamaño de la planta y las capacidades de almacenamiento del material hasta disponer de datos suficientes sobre las averías de esta instalación.

- Módulos fotovoltaicos.
- Inversores y piezas de repuesto para los inversores como fusibles, varistores, ventiladores, etc.
- Cableado empleado en corriente alterna.
- Cableado empleado en corriente continua.
- Conectores necesarios en los módulos fotovoltaicos.
- Diodos bypass.
- Interruptores diferenciales.
- Interruptores magnetotérmicos.

Las herramientas principales son:

- EPIS para el personal de mantenimiento.
- Equipos anticaidas.

- Equipos de medida eléctricos como pinzas amperimétricas, multímetros, telurómetro, etc.
- Equipos de termografía.
- Equipos para medir el aislamiento
- Herramientas de electricidad.
- Herramientas de mecánica.
- Herramientas para realizar la limpieza de la instalación, como una hidrolimpiadora, cepillos específicos para la limpieza de los módulos fotovoltaicos, etc.

En cuanto a los consumibles específicos para este plan de mantenimiento son:

- Agua osmotizada para evitar manchas tras el secado.
- Productos de limpieza no abrasivos.
- Material necesario para anclar los módulos fotovoltaicos.

3.4.2 Recursos humanos

La empresa propietaria de la instalación cuenta con el personal cualificado para realizar las acciones de mantenimiento, a continuación, se muestra la estimación de horas necesarias para realizar las tareas de mantenimiento, así como el número de operarios necesarios.

Actividad	Horas anuales
Mantenimiento de paneles fotovoltaicos	587,20
Mantenimiento de inversores	31,40
Mantenimiento de estación transformadora	16,00
Mantenimiento de cajas de strings	28,80
Mantenimiento preventivo	663,40
Mantenimiento correctivo	132,68
Total	796,08

Tabla 11: Total de horas anuales de mantenimiento.

En la Tabla 11 se muestra el total de horas necesarias para realizar el mantenimiento de la instalación, para este cálculo se han utilizado los tiempos indicados en el anexo III, se ha estimado que el tiempo de mantenimiento correctivo corresponde a un 20% de las horas empleadas en el mantenimiento preventivo.

Las horas totales de un empleado al año son 1590,25 horas teniendo en cuenta los siguientes puntos:

- Jornada laboral diaria de 8 horas, reducida a 7,5 horas al tener en cuenta 0,5 horas de descanso.
- Al año natural de 365 días hay que descontar 104 días de fines de semana, 14 días festivos, 21 días laborables de vacaciones y un 5% de posibles bajas laborales.
- El estatuto de los trabajadores, en su artículo 23, indica que el trabajador tiene derecho a un mínimo de 20 horas anuales de formación y por tanto se deben descontar del total de horas empleadas en el mantenimiento.

Como se puede comprobar las horas totales de mantenimiento no cubren el total de la jornada laboral del operario, por tanto, los operarios completaran sus horas anuales en otras tareas ya que la empresa propietaria de la instalación realiza otras actividades que requieren tareas de mantenimiento.

Como la mayoría de los trabajos se realizan en altura o en tensión se indica que gran parte de las actividades sean realizadas por dos operarios, tal y como se muestra en el plan de mantenimiento. Estos operarios deben contar en todo momento con los equipos de protección individuales necesarios para cada actividad, así como los sistemas anticaídas en caso de los trabajos en altura.

La empresa trabaja 24 horas al día, divididos en turnos de mañana, tarde y noche, este plan de mantenimiento se planifica para realizar las tareas de mantenimiento en el turno de mañana ya que permite realizar las tareas de limpieza y observación con mayor facilidad.

También será necesaria la implicación de un técnico encargado o jefe de mantenimiento con las siguientes funciones:

- Supervisar la correcta realización de las tareas de mantenimiento.
- Organizar y asignar las tareas a los operarios.
- Comprobar que se realizan correctamente dentro de los plazos establecidos.
- Modificar el plan de mantenimiento en caso de detectar errores y mejoras.

4. Presupuesto

4.1 Presupuesto actual de mantenimiento

Actualmente, tal y como se muestra en el apartado 3.1, el coste de realizar el mantenimiento de la instalación es equivalente al 8% del rendimiento económico bruto de la energía facturada por la instalación.

A continuación, en la Tabla 12 se muestran los ingresos mensuales de la instalación de 280 kW que cuenta con prima fotovoltaica.

Mes	Producción real (MWh)	Precio de venta medio (€/MWh)	Ingresos sin prima (€)	Prima (€)	Total (€)
Enero	26,38	67,30	1.775,51	9.125,17	10.900,68
Febrero	30,18	59,21	1.786,96	9.125,17	10.912,13
Marzo	38,87	54,27	2.109,42	9.125,17	11.234,59
Abril	43,61	56,75	2.474,58	9.125,17	11.599,75
Mayo	50,32	53,69	2.701,41	9.125,17	11.826,58
Junio	41,92	51,99	2.179,37	9.125,17	11.304,54
Julio	51,33	55,94	2.871,40	9.125,17	11.996,57
Agosto	46,73	49,60	2.317,66	9.125,17	11.442,83
Septiembre	41,45	47,32	1.961,22	9.125,17	11.086,39
Octubre	29,73	72,84	2.165,90	9.125,17	11.291,07
Noviembre	24,75	74,26	1.837,71	9.125,17	10.962,88
Diciembre	27,42	67,76	1.858,05	9.125,17	10.983,22
Total (€)					135.541,23

Tabla 12: Ingresos mensuales instalación de 280 kW.^{[30][45]}

En Tabla 13 se muestran los ingresos mensuales de la instalación de 600 kW, en este caso no cuenta con prima fotovoltaica.

Mes	Producción real (MWh)	Precio de venta medio (€/MWh)	Ingresos sin prima (€)	Prima (€)	Total (€)
Enero	54,65	67,3	3.677,95	0	3.677,95
Febrero	67,04	59,21	3.969,44	0	3.969,44
Marzo	78,77	54,27	4.274,85	0	4.274,85
Abril	88,43	56,75	5.018,40	0	5.018,40
Mayo	108,51	53,69	5.825,90	0	5.825,90
Junio	93,59	51,99	4.865,74	0	4.865,74
Julio	111,71	55,94	6.249,06	0	6.249,06
Agosto	107,67	49,6	5.340,43	0	5.340,43
Septiembre	94,85	47,32	4.488,30	0	4.488,30
Octubre	60,8	72,84	4.428,67	0	4.428,67
Noviembre	51,05	74,26	3.790,97	0	3.790,97
Diciembre	56,24	67,76	3.810,82	0	3.810,82
Total (€)					55.740,54

Tabla 13: Ingresos mensuales instalación de 600 kW. [30] 45]

Como se puede observar el rendimiento económico de la instalación de 600 kW es mucho menor pese a producir más energía que la instalación de 280 kW debido a la prima fotovoltaica.

Para calcular el valor total de venta de energía se han utilizado los precios mensuales de venta medio del MWh de la Ilustración 39.

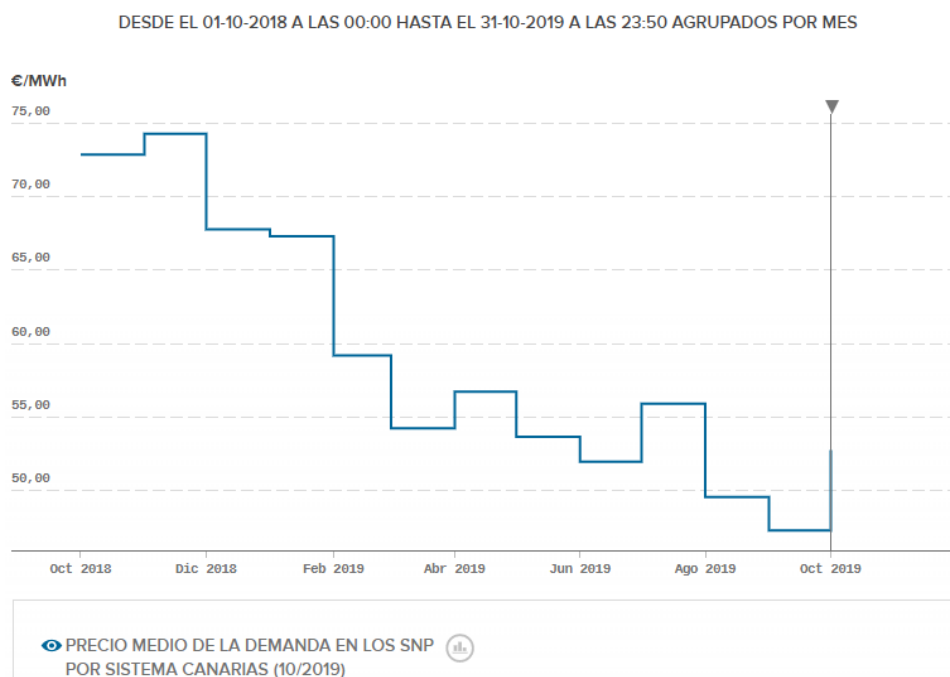


Ilustración 39: Precios mensuales medio del MWh. [45]

De las dos tablas anteriores se obtiene la Tabla 14 que muestra los ingresos totales de la empresa relacionados con la venta de energía fotovoltaica.

Ingresos anuales instalación 280 kW (€)	135.541,23
Ingresos anuales instalación 600 kW (€)	55.740,54
Ingresos totales (€)	191.281,77

Tabla 14: Ingresos anuales totales con el plan de mantenimiento actual.

El coste actual de mantenimiento es el 8% del rendimiento económico bruto de la energía facturada por la instalación, en la Tabla 15 se muestra el rendimiento económico del año estudiado.

Ingresos totales (€)	191.281,77
Coste del mantenimiento (€)	-15.302,54
Rendimiento económico (€)	175.979,23

Tabla 15: Rendimiento económico actual de la instalación.

4.2 Propuesta de nuevo presupuesto de mantenimiento

4.2.1 Recursos humanos y materiales

A continuación, en la Tabla 16, se muestra el presupuesto de recursos humanos para un año, en caso de ser necesario subcontratar el mantenimiento, teniendo en cuenta las horas que dedicaran tanto los operarios al mantenimiento de la instalación como el jefe de mantenimiento a comprobar y coordinar el buen funcionamiento del plan de mantenimiento. El número de horas totales de los operarios se obtiene de repartir el total de 796,08 horas obtenidas de la Tabla 11. El total de horas empleadas por el jefe de mantenimiento se obtiene de dedicar 1 hora al mes a revisar las plantillas completas por los operarios y organizar las actividades.

En la Ilustración 40 se muestran los salarios medios mensuales por tipo de actividad empleados para calcular el coste total del mantenimiento, así como el total de horas efectivas de trabajo indicadas en el apartado 3.4.2. Los datos más recientes proporcionados por el INE (Instituto Nacional de Estadística) son del año 2018.

	Total decil 2018
Jornada a tiempo completo	
2 Técnicos y profesionales científicos e intelectuales	3.211,68
8 Operadores de instalaciones y maquinaria, y montadores	1.872,55

Ilustración 40: Salario medio mensual por ocupación. ^[42]

Recursos humanos	€ / hora	Horas	Total (€)
1º operario de mantenimiento	14,13	398,04	5.624,40
2º operario de mantenimiento	14,13	398,04	5.624,40
Jefe de mantenimiento	24,24	12,00	290,82
Total (€)			11.539,62

Tabla 16: Presupuesto recursos humanos.

Ingresos totales (€)	191.281,77
Coste del nuevo mantenimiento (€)	-11.539,62
Rendimiento económico (€)	179.742,15

Tabla 17: Rendimiento económico del nuevo plan de mantenimiento.

Como se puede observar en la Tabla 17 al modificar el coste de mantenimiento por el presupuesto del nuevo plan de mantenimiento a la producción del año analizado se obtiene una reducción del gasto en mantenimiento de **3.762,92€** incluso antes de valorar las posibles mejoras en la producción al implementar un seguimiento de la instalación más exhaustivo y las variaciones propuestas para la instalación.

La empresa cuenta con los equipos necesarios para realizar el mantenimiento preventivo y correctivo relacionado con aspectos mecánicos y eléctricos. No obstante, si es necesario adquirir los equipos de limpieza de los módulos fotovoltaicos, en la Tabla 18 se muestra el presupuesto de estos recursos materiales.

Recursos materiales	Marca / modelo	€/ unidad	uds.	Total (€)
Hidrolimpiadora	Kärcher / HD 10/23-4S	2.718,75	1	2.718,75
Lanza telescópica	Kärcher / iSolar TL 7 H	1.106,00	1	1.106,00
Cepillos circulares	Kärcher / iSolar 800	1.350,00	1	1.350,00
Manguera de alta presión	Kärcher / iSolar 7	81,07	1	81,07
Descalcificador de agua	Kärcher / WS 100	2.440,00	1	2.440,00
Total (€)				7.695,82

Tabla 18: Presupuesto recursos materiales.^[41]

4.2.2 Propuestas de mejora

A continuación, tras analizar las diferentes opciones del mercado, se plantean dos presupuestos para aplicar las mejoras indicadas en el apartado 2.3.2.

En la Tabla 19 se muestra el presupuesto de cajas de string incluyendo el sistema de monitorización, la aparamenta de protección y el interruptor de desconexión. También se incluyen los metros de cable necesarios para conectar las cajas con los inversores, manteniendo la sección actual.

Recursos materiales	Marca / modelo	€ / ud.	uds.	Total (€)
Caja para 32 strings con monitorización	Phoenix Contact / SOL-SC1-32-0-FI-VMC-T1-SD1-22	4.499,04	9	40.491,36
Cable de aluminio aislamiento XLPE de 1 kV sección de 240 mm ² color rojo	General Cable / ENERGY RV AL RV-0,6 / 1 KV 240 mm ²	3,77	210	791,70
Cable de aluminio aislamiento XLPE de 1 kV sección de 240 mm ² color negro	General Cable / ENERGY RV AL RV-0,6 / 1 KV 240 mm ²	3,77	210	791,70
Total (€)				42.074,76

Tabla 19: Presupuesto propuesta de mejora 1. ^[43]

En la Tabla 20 se muestra un segundo presupuesto de cajas de string incluyendo la aparamenta de protección y el interruptor de desconexión, en este caso no se incluye el sistema de monitorización. También se incluyen los metros de cable necesarios para conectar las cajas con los inversores, en este caso se reduce la sección del cable al mínimo con el objetivo de crear un segundo presupuesto con un precio inferior.

Recursos materiales	Marca / modelo	€/ ud.	uds.	Total (€)
Caja para 16 string sin monitorización	AMB Green Power / ACCCAC0011	657,00	12	7.884,00
Caja para 10 string sin monitorización	AMB Green Power / ACCCAC0009	533,00	6	3.198,00
Cable de aluminio aislamiento XLPE de 1 kV sección de 95 mm ² color rojo	General Cable / ENERGY RV AL RV- 0,6 / 1 KV 95 mm ²	1,69	210	354,90
Cable de aluminio aislamiento XLPE de 1 kV sección de 95 mm ² color negro	General Cable / ENERGY RV AL RV- 0,6 / 1 KV 95 mm ²	1,69	210	354,90
Total (€)				11.791,80

Tabla 20: Presupuesto propuesta de mejora 2. ^[44]

En el siguiente apartado se analizará la viabilidad económica de las dos opciones propuestas y se mostrará la propuesta elegida en el apartado de Conclusiones.

4.3 Viabilidad económica

En este apartado se va a analizar la viabilidad económica de aplicar el nuevo plan de mantenimiento y las mejoras de la instalación propuestas.

Para calcular la diferencia de ingresos, entre el plan de mantenimiento actual y el plan de mantenimiento propuesto junto a las mejoras indicadas, se van a tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Las mejoras se aplicarán a los datos de energía teórica generada obtenidos en el apartado Producción de la instalación con el objetivo de obtener una nueva estimación de datos de producción real.
- Las pérdidas por suciedad se encuentran entre el 7% y el 10% ^[47], al aumentar el número de limpiezas al año este tipo de pérdidas se deben ver reducidas.
- Al implementarse las mejoras se prevé que se reduzcan al mínimo las paradas de producción.
- Para calcular los valores de generación eléctrica real estimada se ha descartado el % de pérdidas de los 3 meses donde la diferencia entre el valor estimado y el real era muy grande en comparación con el resto de los meses, debido a que estas diferencias se deben a fallos en los inversores que implementando un correcto mantenimiento preventivo no deberían suceder.
- Se ha realizado la media entre los 9 meses restantes obteniendo un 15,06% de pérdidas para la instalación de 280 kW y un 18,75% para la instalación de 600 kW. Esta estimación se basa en el aumento de la producción debida a la mayor frecuencia de limpieza de los módulos fotovoltaicos, al aumento del mantenimiento preventivo y la inclusión de las cajas de string con monitorización.
- En caso de no emplear monitorización de string las pérdidas serán del 18,07% para la instalación de 280 kW y un 22,49% para la instalación de 600 kW, al considerarse que no aplicar la monitorización de string puede aumentar las pérdidas en un 20% respecto a la monitorización.
- Se estima una reducción del mantenimiento correctivo debido a la aplicación del nuevo mantenimiento preventivo. Al implementar las cajas de string el número de horas del mantenimiento correctivo se ve reducido al facilitar la detección de averías. En el caso de implementar cajas de string con monitorización se prevé reducir las horas dedicadas al

mantenimiento correctivo del 20% al 5%, en el caso de las cajas de string sin monitorización se prevé reducir las horas dedicado al mantenimiento correctivo del 20% al 15% del total de horas de mantenimiento.

- Se calcula que la vida útil de la instalación es de aproximadamente 13 años debido a que la instalación lleva en funcionamiento cerca de 12 años y la garantía de funcionamiento de este tipo de instalaciones se encuentra alrededor de los 25 años.

En la Tabla 21 se resumen las consideraciones aplicadas para obtener los nuevos datos de producción, ingresos anuales y viabilidad económica.

Consideraciones	Actualmente	Propuesta 1	Propuesta 2
Reducción del mantenimiento correctivo	132,68 horas	33,17 horas	99,51 horas
Media anual del % de perdidas instalación 280 kW	19,33%	15,06%	18,07%
Media anual del % de perdidas instalación 600 kW	23,67%	18,75%	22,49%

Tabla 21: Resumen de consideraciones.

Como se muestra en la Tabla 22, en el caso más favorable al aplicar la reducción de las pérdidas aumentaría la producción en 72,18 MWh para el año estudiado, esto supondría que los ingresos de la instalación habrían aumentado en 5.405,77€, en ambos casos sin tener en cuenta los gastos de mantenimiento ni la adquisición del material necesario.

	Producción anual (MWh)	Ingresos anuales (€)
Actualidad	1.425,98	191.281,77
Estimación 1	1.498,16	196.687,54
Diferencia	72,18	5.405,77

Tabla 22: Estimación de nuevos ingresos para el caso más favorable.

4.3.1 Propuesta 1: cajas de string con monitorización

En primer lugar, se va a suponer que se implementan todas las propuestas planteadas, es decir, la aplicación del plan de mantenimiento, adquisición de los equipos de limpieza y la instalación de las cajas de string con monitorización.

	Producción anual (MWh)	Ingresos anuales (€)	Mantenimiento anual (€)	Rendimiento (€)
Actualidad	1.425,98	191.281,77	-15.302,54	175.979,23
Estimación 1	1.498,16	196.687,54	-10.133,53	186.554,01
Diferencia	72,18	5.405,77	5.169,01	10.574,78

Tabla 23: Viabilidad económica propuesta 1.

Como se muestra en la Tabla 23, al aplicar todas las mejoras indicadas se estima que la empresa habría ingresado **10.574,78€** anuales adicionales respecto a los ingresos actuales, lo que supone un **incremento del 6%**.

A continuación, se calcula los años que se tardarían en pagar los equipos necesarios sin tener que reducir los beneficios de la empresa.

$$\text{Años} = \frac{\text{Equipos de limpieza (€)} + \text{Cajas de string con monitorización(€)}}{\text{beneficio al aplicar las mejoras } \left(\frac{\text{€}}{\text{año}}\right)}$$

$$\text{Años} = \frac{7.695,82 + 42.074,76}{10.574,78} = 4,71 \text{ años}$$

Se tardaría aproximadamente entre 4 años y medio y 5 años en pagar las mejoras propuestas sin reducir los beneficios de la empresa, una vez superado este tiempo los beneficios respecto al plan actual serán de 10.500€ al año aproximadamente, se debe tener en cuenta que los ingresos dependen de las condiciones climáticas, el precio del MWh y el estado de la instalación.

4.3.2 Propuesta 2: cajas de string sin monitorización

En este apartado, se va a optar por el segundo presupuesto, es decir la aplicación del plan de mantenimiento, adquisición de los equipos de limpieza y la instalación de las cajas de string en este caso sin monitorización. Al no contar con monitorización se ha tenido en cuenta el aumento del número de horas de mantenimiento correctivo.

	Producción anual (MWh)	Ingresos anuales (€)	Mantenimiento anual (€)	Rendimiento (€)
Actualidad	1.425,98	191.281,77	-15.302,54	175.979,23
Estimación 2	1.434,23	192.967,32	-11.070,92	181.896,40
Diferencia	8,25	1.685,55	4.231,62	5.917,17

Tabla 24: Viabilidad económica propuesta 2.

Como se muestra en la Tabla 24, al aplicar todas las mejoras indicadas se estima que la empresa habría ingresado **5.917,17€** anuales adicionales respecto a los ingresos actuales, lo que supone un **incremento del 3,4%**.

A continuación, se calcula los años que se tardarían en pagar los equipos necesarios sin tener que reducir los beneficios de la empresa.

$$\text{Años} = \frac{\text{Equipos de limpieza (€)} + \text{Cajas de string con monitorización(€)}}{\text{beneficio al aplicar las mejoras } \left(\frac{\text{€}}{\text{año}}\right)}$$

$$\text{Años} = \frac{7.695,82 + 11.791,80}{5.917,17} = 3,29 \text{ años}$$

Se tardaría aproximadamente entre 3 años y 3 años y medio en pagar las mejoras propuestas sin reducir los beneficios de la empresa, una vez superado este tiempo los beneficios respecto al plan actual serán de 6.000€ al año aproximadamente, se tener en cuenta que los ingresos dependen de las condiciones climáticas, el precio del MWh y el estado de la instalación.

5. Conclusiones

5.1 Conclusiones

La producción real de varios de los meses estudiados presenta diferencias considerables respecto a la producción estimada en este proyecto. Tras el estudio de la instalación se considera que estas diferencias se pueden deber a la sobreestimación de la producción, que se produce normalmente en el cálculo de la producción teórica, a los fallos detectados en los inversores, sumados a las pérdidas propias de la instalación y al actual plan de mantenimiento.

Como soluciones a los problemas nombrados anteriormente, se plantean la mejora de las conexiones de los strings así como su monitorización. Además, para reducir las diferencias mencionadas se plantea un nuevo plan de mantenimiento que permite llevar una mejor supervisión de la instalación, se aumenta el número de limpiezas anuales de la instalación y por tanto aumentar la producción.

Tras analizar la viabilidad económica de las propuestas planteadas, se recomienda implementar el plan de mantenimiento planteado y la primera propuesta de mejora, es decir, instalar cajas de string con los sistemas de monitorización. La decisión se basa en dos puntos:

- Los beneficios anuales son aproximadamente 10.000€ más respecto a la situación actual y 6.000€ respecto a la propuesta sin monitorización.
- La recuperación de la inversión de los equipos es de 4,71 años para el sistema con monitorización y de 3,29 años para el sistema sin monitorización.

Teniendo en cuenta que la diferencia de los beneficios es de aproximadamente 4.000€ anuales en favor del sistema con monitorización y la diferencia del tiempo de recuperación es de aproximadamente 1 año y medio, se opta por el sistema con monitorización.

Por último, debido a las dificultades para acudir a la instalación de forma presencial no se han podido realizar mediciones, toma de datos, comprobación de conexiones y el análisis de posibles mejoras adicionales.

5.2 Conclusions

The actual production of several of the months studied presents considerable differences with respect to the estimated production in this project. After studying the installation, it is considered that these differences may be due to the overestimation of production, which normally happens in the calculation of theoretical production, to the failures detected in the inverters, added to the losses inherent to the installation and to the current maintenance plan.

As solutions to the problems mentioned above, the improvement of the connections of the strings as well as their monitoring are considered. In addition, to reduce the aforementioned differences, a new maintenance plan is proposed that allows better supervision of the installation, increases the number of annual cleanings of the installation and therefore increases production.

After analyzing the economic viability of the submitted proposals, it is recommended to implement the proposed maintenance plan and the first proposal for improvement, namely, to install string boxes with the monitoring systems. The decision is based on two points:

- The annual benefits are approximately € 10,000 more than the current situation and € 6,000 more than the proposal without monitoring.
- The return on investment of the equipment is 4.71 years for the system with monitoring and 3.29 years for the system without monitoring.

Taking into account that the difference in benefits is approximately € 4,000 per year in favor of the system with monitoring and the difference in recovery time is approximately 1.5 years, the system with monitoring is chosen.

Finally, due to the difficulties of going to the facility in person. It was not possible to carry out measurements, collect data, check connections and analyze possible additional improvements.

6. Referencias

1. Carta González, J., Calero Pérez, R., Colmenar Santos, A., Castro Gil, M. y Collado Fernández, E., 2013. *Centrales De Energías Renovable*. 2ª ed. Madrid: Pearson Educación.
2. Irena.org. 2020. *LCOE 2010-2017*. [online] Disponible en: <<https://www.irena.org/Statistics/View-Data-by-Topic/Costs/LCOE-2010-2017>> [Acceso 21 de marzo de 2020].
3. IEA. 2020. *Data & Statistics - IEA*. [online] Disponible en: <<https://www.iea.org/data-and-statistics?country=SPAIN&fuel=Renewables%20and%20waste&indicator=Solar%20PV%20electricity%20generation>> [Acceso 21 de marzo de 2020].
4. Mascarós Mateo, V., 2015. *Instalaciones Generadoras Fotovoltaicas*. 1ª ed. Madrid: Paraninfo.
5. Limmanee, A., Songtrai, S., Udomdachanut, N., Kaewniyompanit, S., Sato, Y., Nakaishi, M., Kittisontirak, S., Sriprapha, K. y Sakamoto, Y., 2017. Degradation analysis of photovoltaic modules under tropical climatic conditions and its impacts on LCOE. *Renewable Energy*, 102, pp.199-204.
6. Luque López, A. y Hegedus, S., 2009. *Handbook Of Photovoltaic Science And Engineering*. Chichester: Wiley.
7. Solargis, 2020. Prospect. Eslovaquia: Solargis.
8. Perpiñán Lamigueiro, O., Colmenar Santos, A. y Castro Gil, M., 2012. *Diseño De Sistemas Fotovoltaicos*. Mairena del Aljarafe, Sevilla: PROGENSA.
9. Consejería de Transición Ecológica, Lucha contra el Cambio Climático y Planificación Territorial del Gobierno de Canarias, 2019. Anuario energético de Canarias 2018.
10. Al Abri, D., Malik, A., Albadi, M., Charabi, Y. y Hosseinzadeh, N., 2016. Smart Grid. *Handbook of Climate Change Mitigation and Adaptation*, pp.1465-1501.

11. Departamento Solar del IDAE y Grupo de Trabajo de Autoconsumo de ENERAGEN, 2019. *Guía Profesional De Tramitación Del Autoconsumo*. Madrid.
12. Soria, A., 2020. *Legislación Fotovoltaica En España (2019)*. [online] Censolar. Disponible en: <<https://www.censolar.org/legislacion-fotovoltaica-es-2019/>> [Acceso 2 de abril de 2020].
13. García Carmona, A. y Criado, A., 2011. *Semiconductor Physics in basic Electronics teaching: First steps of a didactic transposition process*. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 29(1), p.89.
14. Ministerio de Ciencia y Tecnología, 2002. *Real Decreto 842/2002, De 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión*.
15. NREL, 2020. *Best Research-Cell Efficiency Chart*. [imagen] Disponible en: <<https://www.nrel.gov/pv/cell-efficiency.html>> [Acceso 11 de abril de 2020].
16. Victron Energy, 2020. *Regulador De Carga Solar Modelo Bluesolar MPPT*. [imagen] Disponible en: <<https://www.victronenergy.com/es/solar-charge-controllers/mppt7510>> [Acceso 11 de abril de 2020].
17. TAB, 2020. *Batería Solar TAB Opzv*. [imagen] Disponible en: <<https://www.tabspain.com/renovables/solar/baterias-opzv/>> [Acceso 11 de abril de 2020].
18. Solax Power, 2020. *Inversor Solax X1 Boost 5.0-T 5000VA*. [imagen] Disponible en: <<https://solarplak.es/inversor-solax-x1-boost-50-t-5000va.html>> [Acceso 11 de abril de 2020].
19. Sundfields Europe, 2020. *Caja De Conexiones De Un Panel Fotovoltaico*. [imagen] Disponible en: <<https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/modulo-fotovoltaico-caja-conexiones-diodos-proteccion-bypass/>> [Acceso 11 de abril de 2020].
20. Seguí Chilet, S., 2020. *Introducción A La Energía Solar Fotovoltaica: El Módulo Fotovoltaico*.

21. Ormazabal Velatia, 2020. *Centro De Transformación Tipo PFU-5*.
[imagen] Disponible en:
<<https://www.ormazabal.com/es/actualidad/noticias/primer-pfu-instalado>> [Acceso 15 de abril de 2020].
22. Instituto Tecnológico y de Energías Renovables, S.A., n.d. *Inversor Teide 100*. [online] Granadilla de Abona: ITER. Disponible en:
<<https://www.iter.es/wp-content/uploads/2016/01/Ficha-t%C3%A9cnica-Inversor-Teide-100.pdf>> [Acceso 24 de abril de 2020].
23. González Fernández, F., 2015. *Teoría Y Práctica Del Mantenimiento Industrial Avanzado*. 5th ed. Madrid: FC Editorial.
24. Mascarós Mateo, V., 2016. *Gestión Del Montaje De Instalaciones Solares Fotovoltaicas*. 1st ed. Madrid: Ediciones Paraninfo SA.
25. Díaz Corcobado, T. y Carmona Rubio, G., 2010. *Instalaciones Solares Fotovoltaicas*. 1st ed. Madrid: McGraw Hill.
26. Soto Olea, G., Hernández Venegas, J., Almarza, D., Jofré, I. y Ukar, A., 2018. *Guía De Operación Y Mantenimiento De Sistemas Fotovoltaicos*. Santiago de Chile: Ministerio de Energía de Chile.
27. Monsolar.com, 2020. *Placas Solares Baratas – 8 Fallos Críticos*. [imagen] Disponible en: <<https://www.monsolar.com/blog/placas-solares-baratas-8-fallos-criticos/>> [Acceso 26 de abril de 2020].
28. Haney, J. y Burstein, A., 2013. *PV System Operations And Maintenance Fundamentals*. [online] Solar America Board for Codes and Standards. Disponible en:
<<http://www.solarabcs.org/about/publications/reports/operations-maintenance/pdfs/SolarABCs-35-2013.pdf>> [Acceso 26 de abril de 2020].
29. Almarza, D., Hernández Venegas, J., Soto Olea, G. y Santana Oyarzún, C., 2016. *Guía De Operación Y Mantenimiento De Sistemas Fotovoltaicos*. programa techos solares públicos. [online] Santiago de Chile. Disponible en: <https://www.energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/guia_operacion_mantenimiento_final.pdf> [Acceso 26 de abril de 2020].
30. Personal de la instalación, 2019. *Información Sobre La Instalación*. [PDF] Tenerife.

31. Visor.grafcan.es. 2020. *Idecanarias Visor 4.5.1*. [online] Disponible en: <<https://visor.grafcan.es/visorweb/>> [Acceso 30 de abril de 2020].
32. AENOR, 2013. *Energía Solar Fotovoltaica: Términos Y Definiciones*. UNE-EN13306. Madrid: AENOR.
33. AENOR, 2018. *Mantenimiento Terminología Del Mantenimiento*. UNE-EN 13306. Madrid: AENOR.
34. González Fernández, F., 2018. *Contratación Avanzada Del Mantenimiento*. Madrid: Ediciones Diaz de Santos.
35. García Garrido, S., 2003. *Organización Y Gestión Integral De Mantenimiento*. Madrid: Díaz de Santos.
36. Cárcel Carrasco, F., 2014. *La Gestión Del Conocimiento En La Ingeniería Del Mantenimiento Industrial*. Barcelona: Omnia Science.
37. Phoenix Contact, 2020. *Gestión De Parques Fotovoltaicos*. [online] Disponible en: <<https://www.phoenixcontact.com/online/portal/es/?uri=pxc-oc-itemdetail:pid=2403683>> [Acceso 27 de mayo de 2020].
38. Cabildo de Tenerife, 2020. *Datos De Estaciones Meteorológicas*. [online] Santa Cruz de Tenerife: Cabildo de Tenerife. Disponible en: <http://www.agrocabildo.org/agrometeorologia_estaciones_detalle.asp?id=47> [Acceso 3 de mayo de 2020].
39. IDAE (Instituto para la Diversificación y ahorro de la Energía.), 2014. *Factores de emisión de CO₂ y coeficientes de paso a energía primaria de diferentes fuentes de energía final consumidas en el sector de edificios de España*. [online] Disponible en: <https://energia.gob.es/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reconocidos/Reconocidos/Otros%20documentos/Factores_emision_CO2.pdf> [Acceso 3 de mayo de 2020].
40. Monedero, J., García, J., Dobon, F., Yanes, M. y Hernández, F., 2007. *Calculation of PV potencial maps in The Canary Islands*. [online] Santa Cruz de Tenerife: Instituto Tecnológico de Canarias. Disponible en: <<https://www.idecanarias.es/resources/MapaSolar.pdf>> [Acceso 1 de mayo de 2020].

41. Karcheronline, 2020. *Karcheronline - Venta Productos Karcher*. [online] Karcher-tienda-lecasa.es. Disponible en: <<http://www.karcher-tienda-lecasa.es/>> [Acceso 6 de junio de 2020].
42. INE, 2018. *Salarios Medios Por Tipo De Jornada, Ocupación Y Decil. (13939)*. [online] Instituto Nacional de Estadística. Disponible en: <<https://www.ine.es/jaxiT3/Datos.htm?t=13939#!tabs-tabla>> [Acceso 6 de junio de 2020].
43. Phoenix Contact, 2020. *Tarifa De Precios*. [online] Disponible en: <https://www.phoenixcontact.com/online/portal/es?1dmy&urile=wcm:path:/eses/web/main/service_and_support/subcategory_pages/Price_list_file/s/777c6892-c0cf-45d9-ae30-f1c7dbe0cf48> [Acceso 7 de junio de 2020].
44. AMB Green Power, 2020. *Cajas de conexiones - AMB Green Power*. [online] Ambgreenpower.com. Disponible en: <http://www.ambgreenpower.com/cajas_de_conexiones.aspx> [Acceso 7 de junio de 2020].
45. Esios, 2020. *Análisis | ESIOS Electricidad · Datos · Transparencia*. [online] Esios.ree.es. Disponible en: <https://www.esios.ree.es/es/analisis/573?vis=1&start_date=01-10-2018T00%3A00&end_date=31-10-2019T23%3A50&compare_start_date=01-09-2018T00%3A00&groupby=month&geoids=8742> [Acceso 7 de junio de 2020].
46. Solar Log, 2020. *Sensor De Irradiación Solar*. [imagen] Disponible en: <<https://www.solar-log.com/es/productos-y-componentes/componentes-solar-logTM/sensores/>> [Acceso 9 de junio de 2020].
47. Perpiñán Lamigueiro, O., 2018. *Energía Solar Fotovoltaica*. 8th ed. [ebook] p.36. Disponible en: <<https://oscarperpinan.github.io/esf/ESF.pdf>> [Acceso 9 de junio de 2020].

7. Anexos

A continuación, se indican los diferentes anexos del proyecto:

- Anexo I: Planos, donde se incluyen.
 - Plano de situación de la instalación.
 - Plano de distribución de los módulos fotovoltaicos.
 - Plano de conexiones de los módulos fotovoltaicos.
 - Esquema unifilar de la instalación
- Anexo II: Gráficas de producción de la instalación, donde se compara la energía teórica de la instalación con la producción real, además de los datos de irradiación y producción empleados para generar las gráficas.
- Anexo III: Plan de mantenimiento.
- Anexo IV: Plantillas del plan de mantenimiento.
- Anexo V: Plantillas para el listado de averías.
- Anexo VI: Diagrama de Gantt.
- Anexo VII: Estudio económico de aplicación de las mejoras propuestas.
- Anexo VIII: Fichas técnicas, donde se incluyen:
 - Módulos fotovoltaicos.
 - Inversor.

Anexo I: Planos



Escala 1:500000



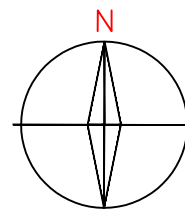
Escala 1:8000


Coordenadas geográficas:

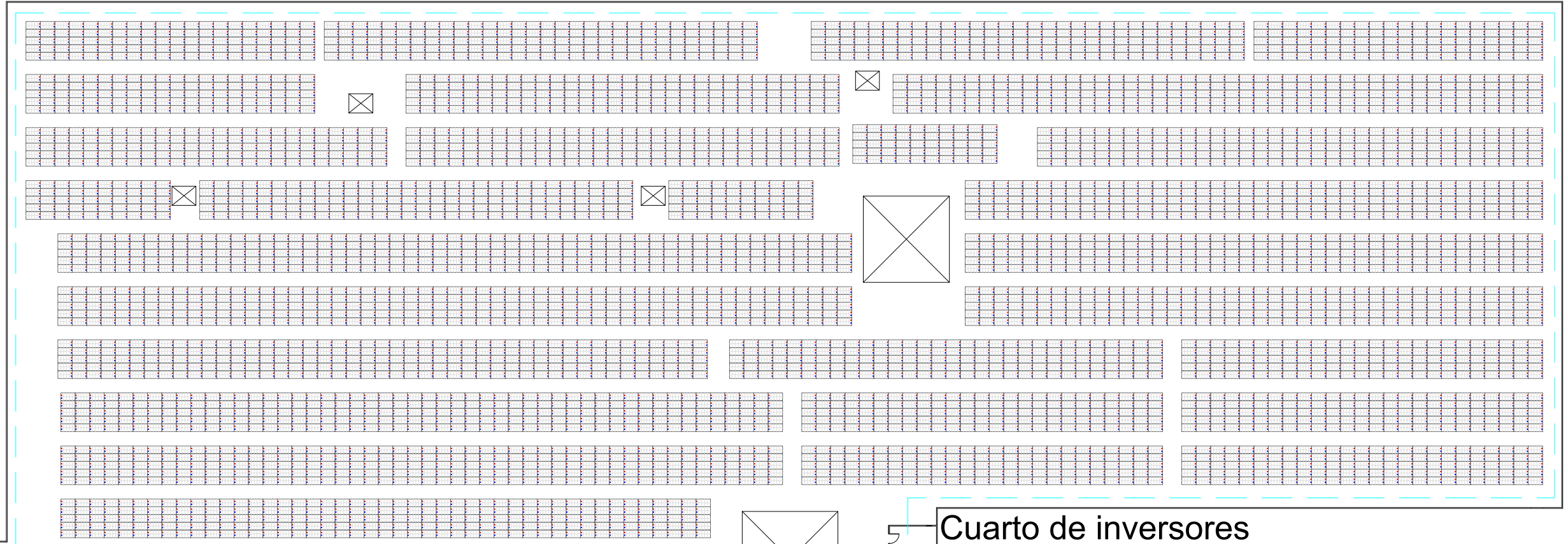
28°26' N

16°17' O

● Ubicación aproximada de la instalación



Estudio y Optimización del Mantenimiento de una Planta Fotovoltaica			
Anexo I			
Fecha:	28/05/2020	Grado en ingeniería electrónica industrial y automática	 Universidad de La Laguna
Autor: nombre	Alejandro		
Autor: apellidos	Herrera Bautista		
Escala	Varias escalas	<h1>PLANO DE SITUACIÓN</h1>	
Nº de plano	1		
Nombre archivo	Plano de situacion.dwg		




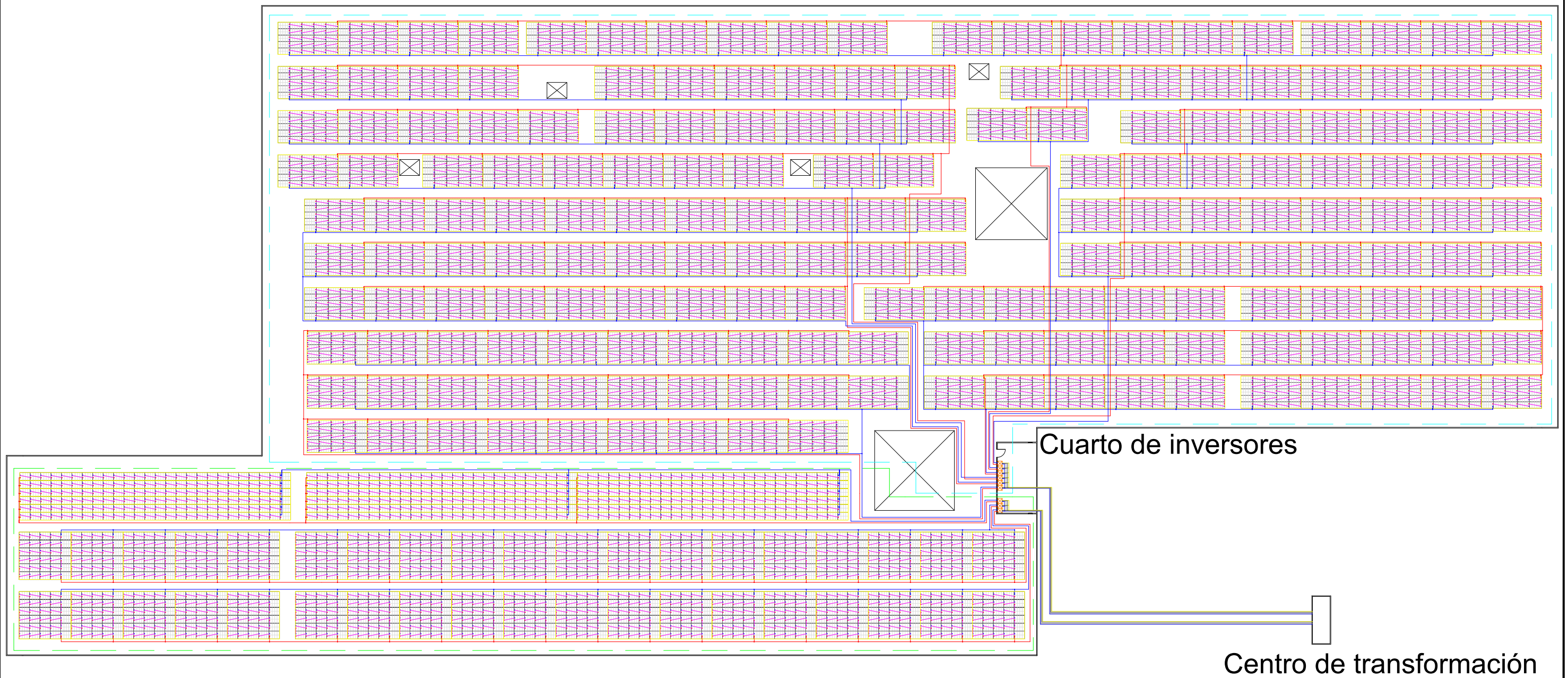
Cuarto de inversores

Centro de transformación

Leyenda


- ⊗ Inversor
- Instalación 280 kW
- Instalación 600 kW
- ▣ Módulo fotovoltaico 175 W (280 kW)
- ▣ Módulo fotovoltaico 175 W (600 kW)

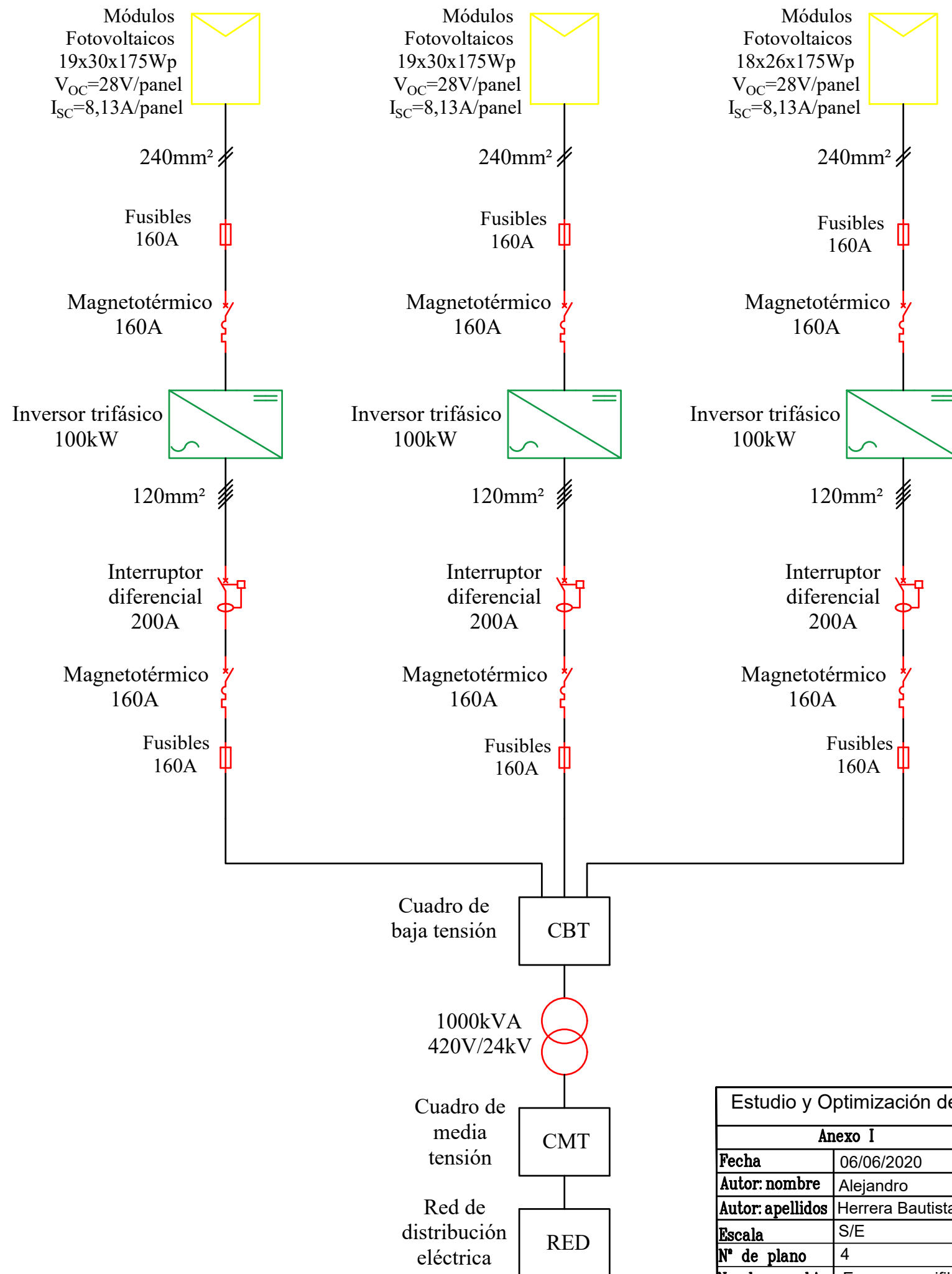
Estudio y Optimización del Mantenimiento de una Planta Fotovoltaica			
Anexo I		Grado en ingeniería electrónica industrial y automática	 Universidad de La Laguna
Fecha	05/06/2020		
Autor: nombre	Alejandro	PLANO DE DISTRIBUCIÓN	
Autor: apellidos	Herrera Bautista		
Escala	1:400		
Nº de plano	2		
Nombre archivo	Plano de distribución.dwg		



Leyenda

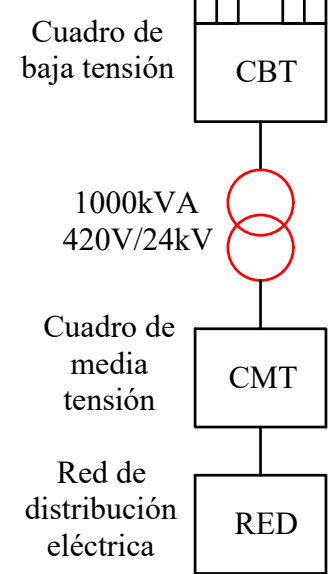
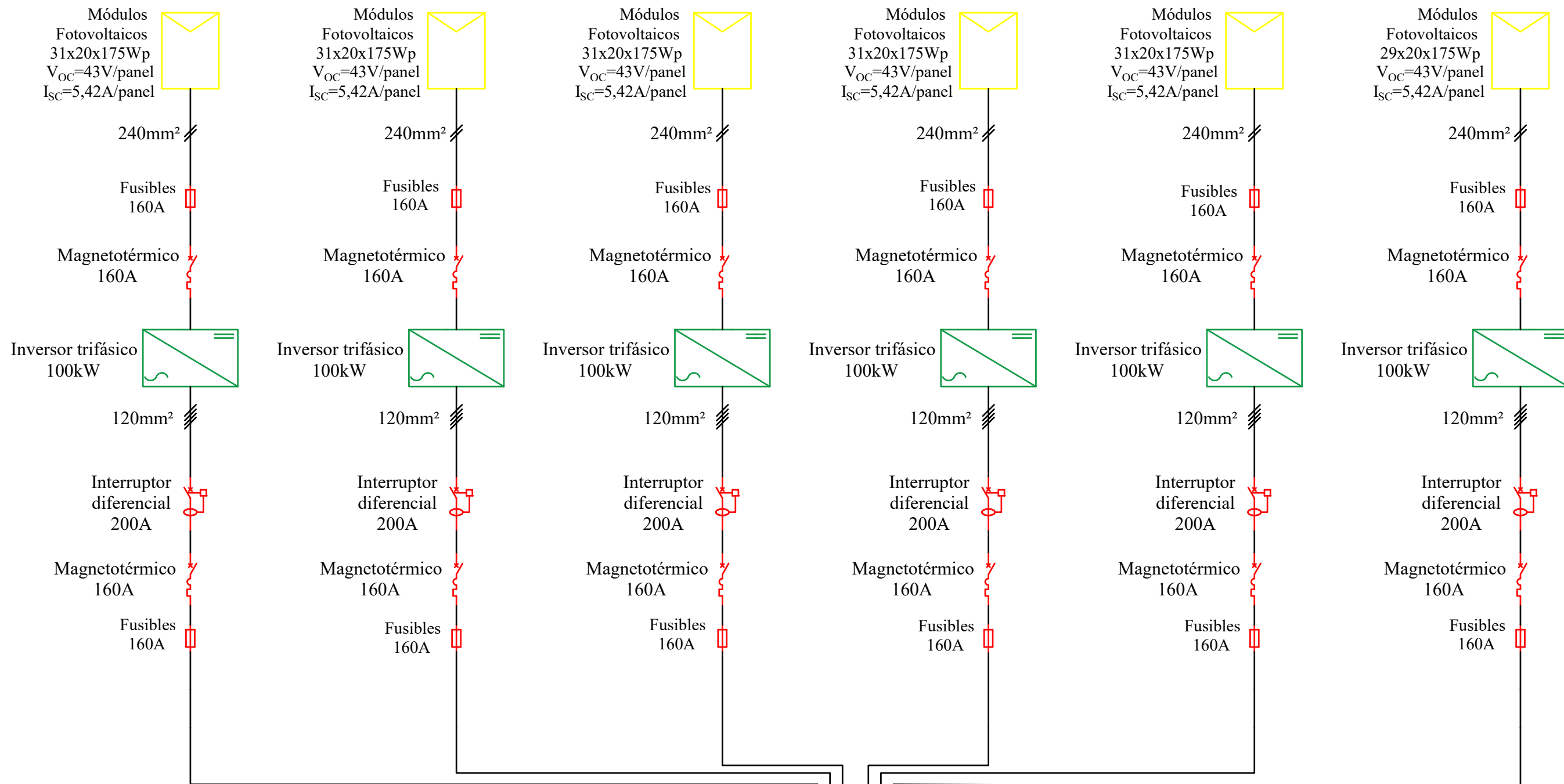
- ☒ Inversor
- ☐ String
- ☒ Módulo fotovoltaico 175 W (280 kW)
- ☒ Módulo fotovoltaico 175 W (600 kW)
- Cable CC +
- Cable CC -
- Instalación 280 kW
- Instalación 600 kW
- ☒ Conexiones CC +
- ☐ Conexiones CC -
- Cable CA, R
- Cable CA, S
- Cable CA, T
- Cable CA, N


Estudio y Optimización del Mantenimiento de una Planta Fotovoltaica		
Anexo I		Grado en ingeniería electrónica industrial y automática
Fecha	05/06/2020	
Autor: nombre	Alejandro	 Universidad de La Laguna
Autor: apellidos	Herrera Bautista	
Escala	1:400	PLANO DE CONEXIONES
Nº de plano	3	
Nombre archivo	Plano de conexiones.dwg	



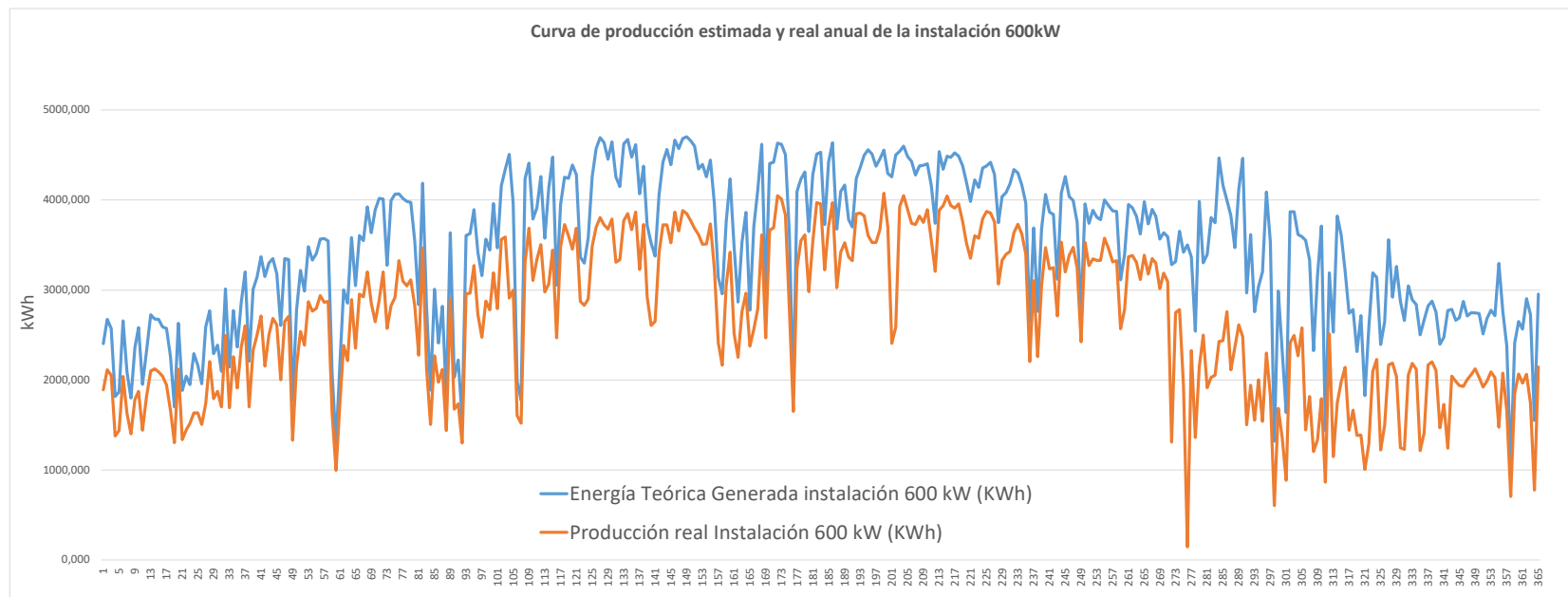
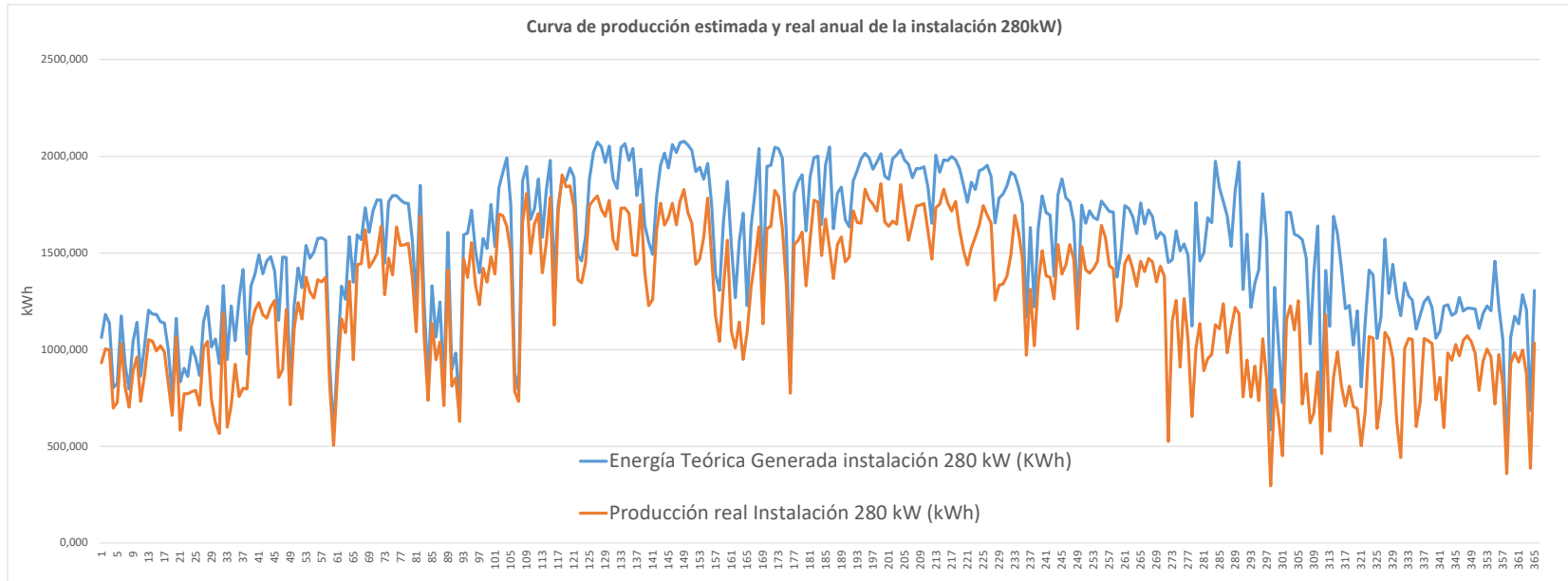
Estudio y Optimización del Mantenimiento de una Planta Fotovoltaica		
Anexo I		
Fecha	06/06/2020	Grado en ingeniería electrónica industrial y automática
Autor: nombre	Alejandro	
Autor: apellidos	Herrera Bautista	ESQUEMA UNIFILAR INSTALACIÓN 280KW
Escala	S/E	
Nº de plano	4	
Nombre archivo	Esquema unifilar.dwg	

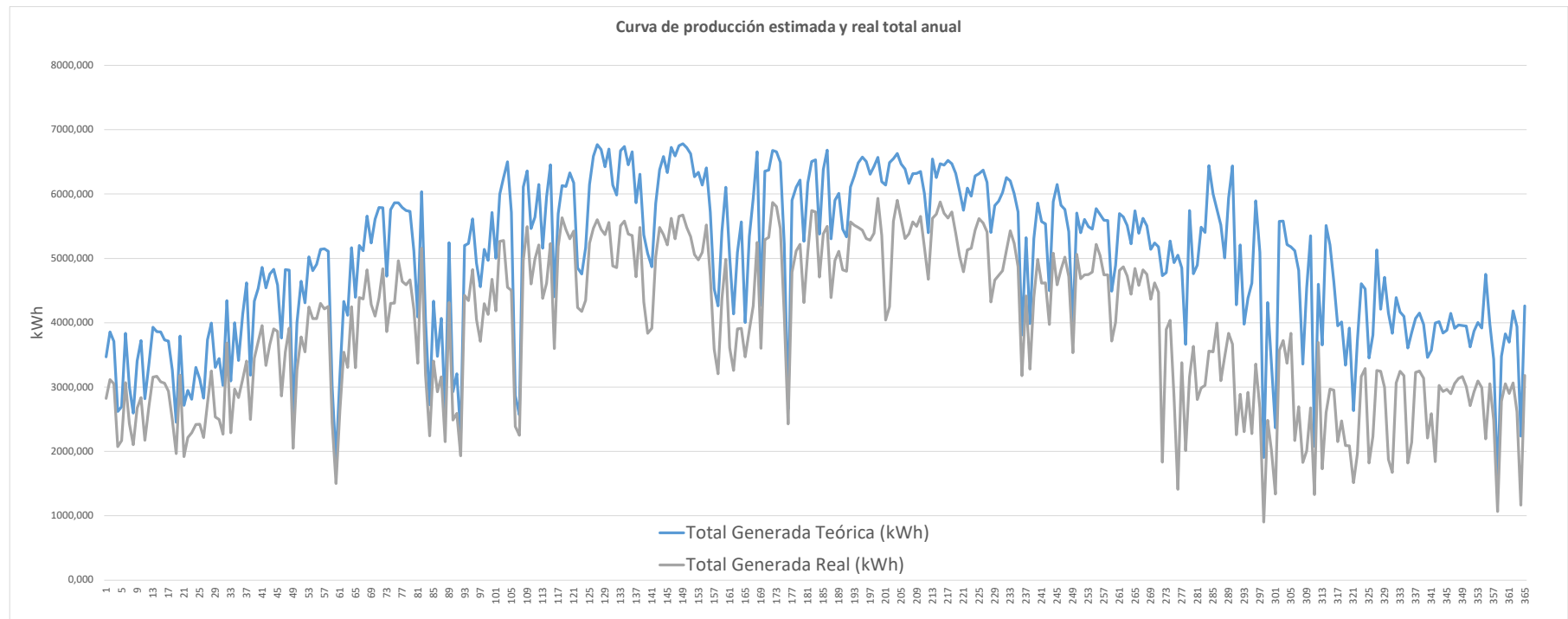




Estudio y Optimización del Mantenimiento de una Planta Fotovoltaica		
Anexo I		
Fecha	06/06/2020	Grado en ingeniería electrónica industrial y automática
Autor: nombre	Alejandro	
Autor: apellidos	Herrera Bautista	 Universidad de La Laguna
Escala	S/E	
Nº de plano	5	
Nombre archivo	Esquema unifilar.dwg	ESQUEMA UNIFILAR INSTALACIÓN 600KW

Anexo II: Gráficos y datos de producción energética





Fecha	G _i *	Tamb*	Tmp*	Prtemp*	PR*	G _i pérdidas*	Energía Teórica Generada instalación 280 kW (KWh)	Energía Teórica Generada instalación 600 kW (KWh)	Producción real Instalación 280 kW (kWh)	Producción real Instalación 600 kW (KWh)	Total Generada Teórica (kWh)	Total Generada Real (kWh)
27/12/2018	177,93	20,00	25,78	1,00	0,93	165,10	1133,85	2566,32	935	1966,73	3700,18	2901,73
28/12/2018	202,24	20,20	26,77	0,99	0,92	186,80	1282,88	2903,62	998	2063,93	4186,50	3061,93
29/12/2018	189,58	20,00	26,16	0,99	0,93	175,60	1205,98	2729,58	871	1743,49	3935,56	2614,49
30/12/2018	106,25	19,60	23,05	1,01	0,94	99,83	685,61	1551,78	387	777,55	2237,39	1164,55
31/12/2018	203,19	17,30	23,90	1,01	0,94	190,17	1306,05	2956,08	1034	2147,19	4262,13	3181,19

*G_i: Irradiancia sobre el plano (W/m²)

*Tamb: Temperatura ambiente media(° C)

*Tmp: Tempertura media del panel

*PR temp: Pérdidas de temperatura

*PR: Pérdidas totales

*G_i pérdidas: Irradiancia considerando las pérdidas totales

Anexo III: Plan de mantenimiento

Código plantilla	Periodicidad	Equipo	Subcategoría	Tarea	Descripción	Horas	Tipo de mantenimiento	Recursos humanos	Recursos materiales específicos	Consumibles
PM-PFV-M01	Mensual	Paneles	Inspección visual	Inspección 1	Inspeccionar visualmente los paneles fotovoltaicos, ausencia de daños, corrosión en la estructura, fallos en las conexiones, etc.	2	Preventivo	2 operarios	-	-
PM-PFV-M01	Mensual	Paneles	Inspección visual	Inspección 2	Inspeccionar visualmente los paneles fotovoltaicos, ausencia de daños, corrosión en la estructura, fallos en las conexiones, etc.	2	Preventivo	2 operarios	-	-
PM-PFV-M01	Mensual	Paneles	Inspección visual	Inspección 3	Inspeccionar visualmente los paneles fotovoltaicos, ausencia de daños, corrosión en la estructura, fallos en las conexiones, etc.	2	Preventivo	2 operarios	-	-
PM-PFV-M01	Mensual	Paneles	Inspección visual	Inspección 4	Inspeccionar visualmente los paneles fotovoltaicos, ausencia de daños, corrosión en la estructura, fallos en las conexiones, etc.	2	Preventivo	2 operarios	-	-
PM-PFV-M01	Mensual	Paneles	Inspección visual	Inspección 5	Inspeccionar visualmente los paneles fotovoltaicos, ausencia de daños, corrosión en la estructura, fallos en las conexiones, etc.	2	Preventivo	2 operarios	-	-
PM-PFV-M01	Mensual	Paneles	Inspección visual	Inspección 6	Inspeccionar visualmente los paneles fotovoltaicos, ausencia de daños, corrosión en la estructura, fallos en las conexiones, etc.	2	Preventivo	2 operarios	-	-
PM-PFV-M01	Mensual	Paneles	Inspección visual	Inspección 7	Inspeccionar visualmente los paneles fotovoltaicos, ausencia de daños, corrosión en la estructura, fallos en las conexiones, etc.	2	Preventivo	2 operarios	-	-
PM-PFV-M01	Mensual	Paneles	Inspección visual	Inspección 8	Inspeccionar visualmente los paneles fotovoltaicos, ausencia de daños, corrosión en la estructura, fallos en las conexiones, etc.	2	Preventivo	2 operarios	-	-
PM-PFV-M01	Mensual	Paneles	Inspección visual	Inspección 9	Inspeccionar visualmente los paneles fotovoltaicos, ausencia de daños, corrosión en la estructura, fallos en las conexiones, etc.	2	Preventivo	2 operarios	-	-
PM-PFV-T01	Trimestral	Paneles	Limpieza	Limpieza 1	Limpiar utilizando cepillo específico y agua osmotizada a presión	6,5	Preventivo	2 operarios	Cepillo de limpieza de paneles fotovoltaicos	Agua osmotizada, detergente no abrasivo
PM-PFV-T01	Trimestral	Paneles	Limpieza	Limpieza 2	Limpiar utilizando cepillo específico y agua osmotizada a presión	6,5	Preventivo	2 operarios	Cepillo de limpieza de paneles fotovoltaicos	Agua osmotizada, detergente no abrasivo
PM-PFV-T01	Trimestral	Paneles	Limpieza	Limpieza 3	Limpiar utilizando cepillo específico y agua osmotizada a presión	6,5	Preventivo	2 operarios	Cepillo de limpieza de paneles fotovoltaicos	Agua osmotizada, detergente no abrasivo

Código plantilla	Periodicidad	Equipo	Subcategoría	Tarea	Descripción	Horas	Tipo de mantenimiento	Recursos humanos	Recursos materiales específicos	Consumibles
PM-PFV-T01	Trimestral	Paneles	Limpieza	Limpieza 4	Limpiar utilizando cepillo específico y agua osmotizada a presión	6,5	Preventivo	2 operarios	Cepillo de limpieza de paneles fotovoltaicos	Agua osmotizada, detergente no abrasivo
PM-PFV-T01	Trimestral	Paneles	Limpieza	Limpieza 5	Limpiar utilizando cepillo específico y agua osmotizada a presión	6,5	Preventivo	2 operarios	Cepillo de limpieza de paneles fotovoltaicos	Agua osmotizada, detergente no abrasivo
PM-PFV-T01	Trimestral	Paneles	Limpieza	Limpieza 6	Limpiar utilizando cepillo específico y agua osmotizada a presión	6,5	Preventivo	2 operarios	Cepillo de limpieza de paneles fotovoltaicos	Agua osmotizada, detergente no abrasivo
PM-PFV-T01	Trimestral	Paneles	Limpieza	Limpieza 7	Limpiar utilizando cepillo específico y agua osmotizada a presión	6,5	Preventivo	2 operarios	Cepillo de limpieza de paneles fotovoltaicos	Agua osmotizada, detergente no abrasivo
PM-PFV-T01	Trimestral	Paneles	Limpieza	Limpieza 8	Limpiar utilizando cepillo específico y agua osmotizada a presión	6,5	Preventivo	2 operarios	Cepillo de limpieza de paneles fotovoltaicos	Agua osmotizada, detergente no abrasivo
PM-PFV-T01	Trimestral	Paneles	Limpieza	Limpieza 9	Limpiar utilizando cepillo específico y agua osmotizada a presión	6,5	Preventivo	2 operarios	Cepillo de limpieza de paneles fotovoltaicos	Agua osmotizada, detergente no abrasivo
PM-PFV-T02	Trimestral	Paneles	Inspección termográfica	Inspección termográfica 1	Comprobar la temperatura de los paneles para evitar puntos calientes	2,45	Preventivo	2 operarios	Equipo de termografía	-
PM-PFV-T02	Trimestral	Paneles	Inspección termográfica	Inspección termográfica 2	Comprobar la temperatura de los paneles para evitar puntos calientes	2,45	Preventivo	2 operarios	Equipo de termografía	-
PM-PFV-T02	Trimestral	Paneles	Inspección termográfica	Inspección termográfica 3	Comprobar la temperatura de los paneles para evitar puntos calientes	2,45	Preventivo	2 operarios	Equipo de termografía	-
PM-PFV-T02	Trimestral	Paneles	Inspección termográfica	Inspección termográfica 4	Comprobar la temperatura de los paneles para evitar puntos calientes	2,45	Preventivo	2 operarios	Equipo de termografía	-
PM-PFV-T02	Trimestral	Paneles	Inspección termográfica	Inspección termográfica 5	Comprobar la temperatura de los paneles para evitar puntos calientes	2,45	Preventivo	2 operarios	Equipo de termografía	-
PM-PFV-T02	Trimestral	Paneles	Inspección termográfica	Inspección termográfica 6	Comprobar la temperatura de los paneles para evitar puntos calientes	2,45	Preventivo	2 operarios	Equipo de termografía	-
PM-PFV-T02	Trimestral	Paneles	Inspección termográfica	Inspección termográfica 7	Comprobar la temperatura de los paneles para evitar puntos calientes	2,45	Preventivo	2 operarios	Equipo de termografía	-
PM-PFV-T02	Trimestral	Paneles	Inspección termográfica	Inspección termográfica 8	Comprobar la temperatura de los paneles para evitar puntos calientes	2,45	Preventivo	2 operarios	Equipo de termografía	-
PM-PFV-T02	Trimestral	Paneles	Inspección termográfica	Inspección termográfica 9	Comprobar la temperatura de los paneles para evitar puntos calientes	2,45	Preventivo	2 operarios	Equipo de termografía	-
PM-PFV-A01	Anual	Paneles	Puesta a tierra	Puesta a tierra	Medida de la puesta a tierra	0,5	Preventivo	2 operarios	Telurómetro	-
PM-PFV-A01	Anual	Paneles	Caja de conexiones	Estanqueidad	Comprobar la estanqueidad de las cajas de conexiones de los paneles	1	Preventivo	2 operarios	-	-
PM-PFV-A01	Anual	Paneles	Caja de conexiones	Limpieza	Limpieza de las cajas de conexiones	1	Preventivo	2 operarios	-	-

Código plantilla	Periodicidad	Equipo	Subcategoría	Tarea	Descripción	Horas	Tipo de mantenimiento	Recursos humanos	Recursos materiales específicos	Consumibles
PM-PFV-A01	Anual	Paneles	Conductores	Conexiones	Reapriete de las conexiones	2	Preventivo	2 operarios	Herramientas de electricidad	-
PM-PFV-A01	Anual	Paneles	Conductores	Aislamiento	Comprobar el aislamiento de los conductores	2	Preventivo	2 operarios	Herramientas de electricidad	-
PM-PFV-A01	Anual	Paneles	Conductores	Curvaturas	Comprobar la correcta curvatura de los conductores	2	Preventivo	2 operarios	-	-
PM-PFV-A01	Anual	Paneles	Conductores	Sujeción	Comprobar la correcta sujeción de los conductores	2	Preventivo	2 operarios	-	-
PM-PFV-A01	Anual	Paneles	Conductores	Etiquetado	Comprobar el correcto etiquetado de los conectores	1,5	Preventivo	2 operarios	-	-
PM-PFV-A02	Anual	Paneles	Soportes	Fijaciones a la cubierta	Comprobar que los valores de torque son los correctos	9	Preventivo	2 operarios	Llaves dinamométricas	-
PM-PFV-A02	Anual	Paneles	Soportes	Fijaciones al panel	Comprobar que los valores de torque son los correctos	9	Preventivo	2 operarios	Llaves dinamométricas	-
PM-PFV-A02	Anual	Paneles	Soportes	Estanqueidad	Comprobar el correcto sellado de la cubierta	1	Preventivo	2 operarios	-	-
PM-PFV-A02	Anual	Paneles	Soportes	Corrosión	Comprobar que no existe corrosión en los soportes	9	Preventivo	2 operarios	-	-
PM-PFV-A02	Anual	Paneles	Soportes	Daños mecánicos	Comprobar que no existen desperfectos en los soportes	9	Preventivo	2 operarios	-	-
PM-INV-M01	Mensual	Inversores	Cuarto de inversores	Limpieza	Limpieza del cuarto de inversores, eliminar polvo y posibles residuos.	0,5	Preventivo	1 operario	-	-
PM-INV-M01	Mensual	Inversores	Cuarto de inversores	Exterior	Comprobar que no existen humedades o desperfectos.	0,1	Preventivo	1 operario	-	-
PM-INV-M01	Mensual	Inversores	Cuarto de inversores	Interior	Comprobar que no existen humedades o desperfectos.	0,1	Preventivo	1 operario	-	-
PM-INV-M01	Mensual	Inversores	Cuarto de inversores	Puertas	Comprobar el correcto funcionamiento y estanqueidad de las puertas.	0,1	Preventivo	1 operario	-	-
PM-INV-M01	Mensual	Inversores	Cuarto de inversores	Ventilación	Comprobar que el sistema de ventilación se encuentra en buen estado.	0,1	Preventivo	1 operario	-	-
PM-INV-M01	Mensual	Inversores	Puesta a tierra	Embarrado	Comprobar visualmente las conexiones del embarrado de tierra	0,1	Preventivo	2 operarios	-	-
PM-INV-M01	Mensual	Inversores	Conductores	Conexiones	Coprobamos visualmente el estado de las conexiones de los conductores	0,1	Preventivo	2 operarios	-	-
PM-INV-M01	Mensual	Inversores	Conductores	Aislamiento	Comprobar visualmente el estado de los conductores	0,1	Preventivo	2 operarios	-	-
PM-INV-M01	Mensual	Inversores	Baja tensión	Protección	Comprobar el estado de la aparatada de protección como interruptores magnetoérmicos, diferenciales, etc.	0,1	Preventivo	2 operarios	-	-
PM-INV-M01	Mensual	Inversores	Baja tensión	Mando	Comprobar el estado de la aparatada de mando como relés, contactores, etc.	0,1	Preventivo	2 operarios	-	-
PM-INV-M01	Mensual	Inversores	Baja tensión	Medida	Comprobar el estado de voltímetros, amperímetros, etc.	0,1	Preventivo	2 operarios	-	-
PM-INV-M01	Mensual	Inversores	Sistema de extracción	Sistema de extracción	Comprobar el estado del sistema de extracción de aire	0,1	Preventivo	1 operario	-	-

Código plantilla	Periodicidad	Equipo	Subcategoría	Tarea	Descripción	Horas	Tipo de mantenimiento	Recursos humanos	Recursos materiales específicos	Consumibles
PM-INV-M01	Mensual	Inversores	Inspección termográfica	Inspección termográfica	Comprobar la temperatura de los inversores	0,1	Preventivo	2 operarios	Equipo de termografía	-
PM-INV-M01	Mensual	Inversores	Datos	Lectura de datos	Comprobar posibles fallos.	0,1	Preventivo	1 operario	-	-
PM-INV-S01	Semestral	Inversores	Puesta a tierra	Embarrado	Medida de la puesta a tierra	0,5	Preventivo	2 operarios	Telurómetro	-
PM-INV-S01	Semestral	Inversores	Conductores	Conexiones	Reapriete de las conexiones	1	Preventivo	2 operarios	Herramientas de electricidad	-
PM-INV-S01	Semestral	Inversores	Conductores	Asilamiento	Comprobar el aislamiento de los conductores	1	Preventivo	2 operarios	Herramientas de electricidad	-
PM-INV-S01	Semestral	Inversores	Conductores	Fijación	Comprobar la fijación de los conductores	0,5	Preventivo	2 operarios	-	-
PM-INV-S01	Semestral	Inversores	Conductores	Etiquetado	Comprobar el correcto etiquetado de los conectores	0,1	Preventivo	2 operarios	-	-
PM-INV-S01	Semestral	Inversores	Sistema de extracción	Sistema de extracción	Comprobar el buen funcionamiento del sistema de extracción de aire al aumentar la temperatura	0,1	Preventivo	1 operario	-	-
PM-INV-S01	Semestral	Inversores	Baja tensión	Protección	Comprobar el funcionamiento de la aparamenta de protección como interruptores magnetoérmicos, diferenciales, etc.	0,5	Preventivo	2 operarios	-	-
PM-INV-S01	Semestral	Inversores	Baja tensión	Mando	Comprobar el funcionamiento de la aparamenta de mando como relés, contactores, etc.	0,5	Preventivo	2 operarios	-	-
PM-INV-S01	Semestral	Inversores	Baja tensión	Medida	Comprobar el funcionamiento de voltímetros, amperímetros, etc.	0,1	Preventivo	2 operarios	-	-
PM-INV-S01	Semestral	Inversores	Baja tensión	Fusibles	Comprobar el estado de los fusibles	0,5	Preventivo	2 operarios	Herramientas de electricidad	-
PM-INV-S01	Semestral	Inversores	Software	Actualización de software	Comprobar si existe una actualización del software por parte del fabricante	0,1	Preventivo	1 operario	-	-
PM-SET-M01	Mensual	Estación transformadora	Obra civil	Inspección visual	Comprobar visualmente de la sala, comprobar que no existen desperfectos	0,1	Preventivo	1 operario	-	-
PM-SET-M01	Mensual	Estación transformadora	Sistema de ventilación	Inspección visual	Comprobar el sistema de ventilación, comprobar temperatura de la sala	0,1	Preventivo	1 operario	-	-
PM-SET-M01	Mensual	Estación transformadora	Transformador	Inspección sonora	Comprobar que los equipos no emiten sonidos fuera de lo normal	0,1	Preventivo	1 operario	-	-
PM-SET-M01	Mensual	Estación transformadora	Transformador	Inspección visual	Comprobar visualmente el estado de los transformadores	0,1	Preventivo	1 operario	-	-
PM-SET-M01	Mensual	Estación transformadora	Baja tensión	Inspección visual	Comprobar visualmente el estado de las conexiones de baja tensión	0,1	Preventivo	1 operario	-	-
PM-SET-M01	Mensual	Estación transformadora	Media tensión	Inspección visual	Comprobar visualmente el estado de las conexiones de media tensión	0,1	Preventivo	1 operario	-	-
PM-SET-M01	Mensual	Estación transformadora	Limpieza	Limpieza	Limpieza de los posibles residuos	0,1	Preventivo	1 operario	-	-
PM-SET-A01	Anual	Estación transformadora	Iluminación	Luminarias	Comprobar los niveles de iluminación de la sala y el correcto funcionamiento de las luminarias.	0,1	Preventivo	1 operario	Luxómetro	-
PM-SET-A01	Anual	Estación transformadora	Obra civil	Limpieza	Limpieza y retirada de posibles residuos de la estación transformadora	0,5	Preventivo	1 operario	-	-

Código plantilla	Periodicidad	Equipo	Subcategoría	Tarea	Descripción	Horas	Tipo de mantenimiento	Recursos humanos	Recursos materiales específicos	Consumibles
PM-SET-A01	Anual	Estación transformadora	Obra civil	Inspección visual	Comprobar visualmente de la sala, comprobar que no existen desperfectos.	0,1	Preventivo	1 operario	-	-
PM-SET-A01	Anual	Estación transformadora	Transformador	Aceite	Comprobar los niveles y el estado del aceite	0,1	Preventivo	1 operario	-	Aceite
PM-SET-A01	Anual	Estación transformadora	Transformador	Devanados	Comprobar el estado de los devanados	0,2	Preventivo	2 operarios	Herramientas de electricidad	-
PM-SET-A01	Anual	Estación transformadora	Transformador	Conexiones	Reapriete de las conexiones de los transformadores	0,2	Preventivo	2 operarios	Herramientas de electricidad	-
PM-SET-A01	Anual	Estación transformadora	Transformador	Protecciones	Comprobación del correcto funcionamiento de las protecciones	0,2	Preventivo	2 operarios	-	-
PM-SET-A01	Anual	Estación transformadora	Conductores	Conexiones	Reapriete de las conexiones	0,2	Preventivo	2 operarios	Herramientas de electricidad	-
PM-SET-A01	Anual	Estación transformadora	Conductores	Asilamiento	Comprobar el aislamiento de los conductores	0,2	Preventivo	2 operarios	Herramientas de electricidad	-
PM-SET-A01	Anual	Estación transformadora	Baja tensión	Conexiones	Reapriete de las conexiones	0,2	Preventivo	2 operarios	Herramientas de electricidad	-
PM-SET-A01	Anual	Estación transformadora	Baja tensión	Disyuntores	Comprobar que las maniobras de apertura y cierre de los disyuntores se realizan correctamente	0,1	Preventivo	2 operarios	-	-
PM-SET-A01	Anual	Estación transformadora	Baja tensión	Protecciones	Comprobar el correcto funcionamiento de la aparatada de protección como interruptores magnetoérmicos, diferenciales, etc.	0,1	Preventivo	2 operarios	-	-
PM-SET-A01	Anual	Estación transformadora	Baja tensión	Mando	Comprobar el correcto funcionamiento de la aparatada de mando como relés, contactores, etc.	0,1	Preventivo	2 operarios	-	-
PM-SET-A01	Anual	Estación transformadora	Baja tensión	Medida	Comprobar el correcto funcionamiento de aparatos de medida como voltímetros, amperímetros, etc.	0,1	Preventivo	2 operarios	-	-
PM-SET-A01	Anual	Estación transformadora	Media tensión	Conexiones	Reapriete de las conexiones	0,1	Preventivo	2 operarios	Herramientas de electricidad	-
PM-SET-A01	Anual	Estación transformadora	Media tensión	Seccionadores	Comprobar el enclavamiento	0,1	Preventivo	2 operarios	-	-
PM-SET-A01	Anual	Estación transformadora	Media tensión	Fusibles	Comprobar el estado de los fusibles	0,1	Preventivo	2 operarios	-	-
PM-SET-A01	Anual	Estación transformadora	Media tensión	Protecciones	Comprobar el correcto funcionamiento de la aparatada de protección como interruptores magnetoérmicos, diferenciales, etc.	0,1	Preventivo	2 operarios	-	-
PM-SET-A01	Anual	Estación transformadora	Media tensión	Mando	Comprobar el correcto funcionamiento de la aparatada de mando como relés, contactores, etc.	0,1	Preventivo	2 operarios	-	-
PM-SET-A01	Anual	Estación transformadora	Media tensión	Medida	Comprobar el correcto funcionamiento de aparatos de medida como voltímetros, amperímetros, etc.	0,1	Preventivo	2 operarios	-	-
PM-SET-A01	Anual	Estación transformadora	Media tensión	Aislamiento	Comprobación del aislamiento de los transformadores	0,1	Preventivo	2 operarios	Herramientas de electricidad	-
PM-SET-A01	Anual	Estación transformadora	Sistema de ventilación	Limpieza	Limpieza del sistema de ventilación y comprobar la correcta evacuación del calor	0,1	Preventivo	1 operario	-	-

Código plantilla	Periodicidad	Equipo	Subcategoría	Tarea	Descripción	Horas	Tipo de mantenimiento	Recursos humanos	Recursos materiales específicos	Consumibles
PM-SET-A01	Anual	Estación transformadora	Sistema de extracción	Sistema de extracción	Comprobar el estado del sistema de extracción de aire al aumentar la temperatura	0,1	Preventivo	1 operario	-	-
PM-SET-A01	Anual	Estación transformadora	Inspección termográfica	Inspección termográfica	Comprobar las temperaturas de los elementos de la estación transformadora	0,2	Preventivo	2 operarios	Equipo de termografía	-
PM-SET-A01	Anual	Estación transformadora	Puesta a tierra	Embarrado	Comprobar las conexiones de la puesta a tierra	0,25	Preventivo	2 operarios	-	-
PM-SET-A01	Anual	Estación transformadora	Puesta a tierra	Medida puesta a tierra	Medida de la puesta a tierra	0,25	Preventivo	2 operarios	Telurómetro	-
PM-SET-A02	Anual	Estación transformadora	Protección Contraincendios	Detectores de humo	Comprobar el correcto funcionamiento de los detectores de humo	0,1	Preventivo	2 operarios	Pértiga de comprobación	Aerosol de comprobación
PM-SET-A02	Anual	Estación transformadora	Protección Contraincendios	Extintores	Comprobar fecha de caducidad y presión	0,1	Preventivo	1 operario	-	-
PM-SET-A02	Anual	Estación transformadora	Protección Contraincendios	Señalización	Comprobar que cada señal se encuentra en el lugar correspondiente	0,1	Preventivo	1 operario	-	-
PM-SET-A02	Anual	Estación transformadora	Protección Contraincendios	Alarmas contraincendios	Comprobar el correcto funcionamiento del sistema de alarmas contraincendios	0,1	Preventivo	1 operario	-	-
PM-SET-A02	Anual	Estación transformadora	Protección Contraincendios	Alarma anti intrusión	Comprobar el correcto funcionamiento del sistema de alarmas anti intrusión	0,1	Preventivo	1 operarios	-	-
PM-SET-A02	Anual	Estación transformadora	Protección Contraincendios	Luminarias	Comprobar el correcto funcionamiento de las luminarias de emergencia	0,1	Preventivo	1 operarios	-	-
PM-SET-TA1	Triannual	Estación transformadora	OCA	Comprobaciones OCA	Comprobar los requerimientos de la OCA	3	Preventivo	2 operarios	-	-
PM-STR-M01	Mensual	Strings	Inspección visual	Inspección 1	Inspeccionar visualmente las cajas de strings, ausencia de daños, corrosión en la estructura, fallos en las conexiones, etc.	0,15	Preventivo	2 operarios	-	-
PM-STR-M01	Mensual	Strings	Inspección visual	Inspección 2	Inspeccionar visualmente las cajas de strings, ausencia de daños, corrosión en la estructura, fallos en las conexiones, etc.	0,15	Preventivo	2 operarios	-	-
PM-STR-M01	Mensual	Strings	Inspección visual	Inspección 3	Inspeccionar visualmente las cajas de strings, ausencia de daños, corrosión en la estructura, fallos en las conexiones, etc.	0,15	Preventivo	2 operarios	-	-
PM-STR-M01	Mensual	Strings	Inspección visual	Inspección 4	Inspeccionar visualmente las cajas de strings, ausencia de daños, corrosión en la estructura, fallos en las conexiones, etc.	0,15	Preventivo	2 operarios	-	-
PM-STR-M01	Mensual	Strings	Inspección visual	Inspección 5	Inspeccionar visualmente las cajas de strings, ausencia de daños, corrosión en la estructura, fallos en las conexiones, etc.	0,15	Preventivo	2 operarios	-	-
PM-STR-M01	Mensual	Strings	Inspección visual	Inspección 6	Inspeccionar visualmente las cajas de strings, ausencia de daños, corrosión en la estructura, fallos en las conexiones, etc.	0,15	Preventivo	2 operarios	-	-
PM-STR-M01	Mensual	Strings	Inspección visual	Inspección 7	Inspeccionar visualmente las cajas de strings, ausencia de daños, corrosión en la estructura, fallos en las conexiones, etc.	0,15	Preventivo	2 operarios	-	-
PM-STR-M01	Mensual	Strings	Inspección visual	Inspección 8	Inspeccionar visualmente las cajas de strings, ausencia de daños, corrosión en la estructura, fallos en las conexiones, etc.	0,15	Preventivo	2 operarios	-	-

Código plantilla	Periodicidad	Equipo	Subcategoría	Tarea	Descripción	Horas	Tipo de mantenimiento	Recursos humanos	Recursos materiales específicos	Consumibles
PM-STR-M01	Mensual	Strings	Inspección visual	Inspección 9	Inspeccionar visualmente las cajas de strings, ausencia de daños, corrosión en la estructura, fallos en las conexiones, etc.	0,15	Preventivo	2 operarios	-	-
PM-STR-A01	Anual	Strings	Limpieza	Limpieza	Limpieza de las cajas de strings	1	Preventivo	1 operario	-	-
PM-STR-A01	Anual	Strings	Caja de strings	Sujeción	Comprobar la correcta sujeción de las cajas de strings	1	Preventivo	1 operario	-	-
PM-STR-A01	Anual	Strings	Caja de strings	Estanqueidad	Comprobar la correcta estanqueidad de las cajas de strings	1	Preventivo	1 operario	-	-
PM-STR-A01	Anual	Strings	Caja de strings	Etiquetado	Comprobar el correcto etiquetado de la caja y las advertencias de seguridad	0,1	Preventivo	1 operario	-	-
PM-STR-A01	Anual	Strings	Mediciones	Tensión circuito abierto	Medición de la tensión a circuito abierto	0,5	Preventivo	2 operarios	Multímetro	-
PM-STR-A01	Anual	Strings	Mediciones	Corriente de cortocircuito	Medición de la corriente de cortocircuito	0,5	Preventivo	2 operarios	Multímetro	-
PM-STR-A01	Anual	Strings	Puesta a tierra	Puesta a tierra	Medida de la puesta a tierra	0,5	Preventivo	2 operarios	Telurómetro	-
PM-STR-A01	Anual	Strings	Conductores	Conexiones	Reapriete de las conexiones	1	Preventivo	2 operarios	Herramientas de electricidad	-
PM-STR-A01	Anual	Strings	Conductores	Aislamiento	Comprobar el aislamiento de los conductores	1	Preventivo	2 operarios	Herramientas de electricidad	-
PM-STR-A01	Anual	Strings	Conductores	Curvaturas	Comprobar la correcta curvatura de los conductores	1	Preventivo	2 operarios	-	-
PM-STR-A01	Anual	Strings	Conductores	Sujeción	Comprobar la correcta sujeción de los conductores	1	Preventivo	2 operarios	-	-
PM-STR-A01	Anual	Strings	Conductores	Etiquetado	Comprobar el correcto etiquetado de los conectores	1	Preventivo	2 operarios	-	-
PM-STR-A01	Anual	Strings	Baja tensión	Protección	Comprobar el funcionamiento de la aparamenta de protección como interruptores magnetoérmicos, diferenciales, etc.	1	Preventivo	2 operarios	-	-
PM-STR-A01	Anual	Strings	Baja tensión	Mando	Comprobar el funcionamiento de la aparamenta de mando como relés, contactores, etc.	1	Preventivo	2 operarios	-	-
PM-STR-A01	Anual	Strings	Baja tensión	Medida	Comprobar el funcionamiento de voltímetros, amperímetros, etc.	0,5	Preventivo	2 operarios	-	-
PM-STR-A01	Anual	Strings	Inspección termográfica	Inspección termográfica	Comprobar la temperatura de las conexiones	0,5	Preventivo	2 operarios	Equipo de termografía	-

Anexo IV: Plantillas de mantenimiento

Plantilla Mensual Paneles fotovoltaicos

Código: PM-PFV-M01

Fecha:

Operarios / Técnicos:

Supervisado por:

Página: 1/1

Nº	Tarea	Correcto	Incorrecto	Pendiente	Observaciones
Inspección paneles fotovoltaicos					
1	Inspección visual 1				
2	Inspección visual 2				
3	Inspección visual 3				
4	Inspección visual 4				
5	Inspección visual 5				
6	Inspección visual 6				
7	Inspección visual 7				
8	Inspección visual 8				
9	Inspección visual 9				

Comentarios:

Firmas:	
Operarios/ Técnicos	Supervisor

Plantilla Trimestral

Paneles fotovoltaicos

Código: PM-PFV-T01

Fecha:

Operarios / Técnicos:

Supervisado por:

Página: 1/1

Nº	Tarea	Correcto	Incorrecto	Pendiente	Observaciones
Limpieza paneles fotovoltaicos					
1	Limpieza 1				
2	Limpieza 2				
3	Limpieza 3				
4	Limpieza 4				
5	Limpieza 5				
6	Limpieza 6				
7	Limpieza 7				
8	Limpieza 8				
9	Limpieza 9				

Comentarios:

Firmas:	
Operarios/ Técnicos	Supervisor

Plantilla Trimestral Paneles fotovoltaicos

Código: PM-PFV-T02

Fecha:

Página: 1/1

Operarios / Técnicos:

Supervisado por:

Nº	Tarea	Correcto	Incorrecto	Pendiente	Observaciones
Inspección termográfica					
1	Inspección termográfica 1				
2	Inspección termográfica 2				
3	Inspección termográfica 3				
4	Inspección termográfica 4				
5	Inspección termográfica 5				
6	Inspección termográfica 6				
7	Inspección termográfica 7				
8	Inspección termográfica 8				
9	Inspección termográfica 9				

Comentarios:

Firmas:	
Operarios/ Técnicos	Supervisor

Plantilla Anual

Paneles fotovoltaicos

Código: PM-PFV-A01

Fecha:

Operarios / Técnicos:

Supervisado por:

Página: /9

Nº	Tarea	Correcto	Incorrecto	Pendiente	Observaciones
Puesta a tierra					
1	Puesta a tierra				
Caja de conexiones					
2	Estanqueidad				
3	Limpieza				
Conductores					
4	Conexiones				
5	Aislamiento				
6	Curvaturas				
7	Sujeción				
8	Etiquetado				

Comentarios:

Firmas:	
Operarios/ Técnicos	Supervisor

Plantilla Anual
Paneles fotovoltaicos

Código: PM-PFV-A02

Página: /9

Fecha:

Operarios / Técnicos:

Supervisado por:

Nº	Tarea	Correcto	Incorrecto	Pendiente	Observaciones
Soportes					
1	Fijaciones a la cubierta				
2	Fijaciones al panel				
3	Estanqueidad				
4	Corrosión				
5	Daños mecánicos				

Comentarios:

Firmas:
Operarios/ Técnicos Supervisor

Plantilla Mensual Inversores

Código: PM-INV-M01

Fecha:

Operarios / Técnicos:

Supervisado por:

Página: 1/1

Nº	Tarea	Correcto	Incorrecto	Pendiente	Observaciones
Cuarto de inversores					
1	Limpieza				
2	Humedades exteriores				
3	Desperfectos exteriores				
4	Humedades interiores				
5	Desperfectos interiores				
6	Puertas				
7	Ventilación				
Puesta a tierra					
8	Embarrado				
Conductores					
9	Conexiones				
10	Aislamiento				
Baja tensión					
11	Protección				
12	Mando				
13	Medida				
Sistema de extracción					
14	Sistema de extracción				
Inspección termográfica					
15	Inspección termográfica				
Datos					
16	Lectura de datos				

Comentarios:

Firmas:

Operarios/ Técnicos

Supervisor

Plantilla Semestral Inversores

Código: PM-INV-S01
 Fecha:
 Operarios / Técnicos:
 Supervisado por:

Página: 1/1

Nº	Tarea	Correcto	Incorrecto	Pendiente	Observaciones
Puesta a tierra					
1	Embarrado				
Conductores					
2	Conexiones				
3	Aislamiento				
4	Fijación				
5	Etiquetado				
Baja tensión					
6	Protección				
7	Mando				
8	Medida				
9	Fusibles				
Sistema de extracción					
10	Sistema de extracción				
Software					
11	Actualización de software				

Comentarios:

Firmas:
<div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> Operarios/ Técnicos Supervisor </div>

**Plantilla Mensual
Estación transformadora**

Código: PM-SET-M01

Fecha:

Operarios / Técnicos:

Supervisado por:

Página: 1/1

Nº	Tarea	Correcto	Incorrecto	Pendiente	Observaciones
Obra civil					
1	Inspección visual				
Sistema de ventilación					
2	Inspección visual				
Transformador					
3	Inspección visual				
4	Inspección sonora				
Baja tensión					
5	Inspección visual				
Media tensión					
6	Inspección visual				
Limpieza					
7	Limpieza				

Comentarios:

Firmas:	
Operarios/ Técnicos	Supervisor

Plantilla Anual
Estación transformadora

Código: PM-SET-A01
Fecha:
Operarios / Técnicos:
Supervisado por:

Página: 1/2

Nº	Tarea	Correcto	Incorrecto	Pendiente	Observaciones
Iluminación					
1	Luminarias				
Obra civil					
2	Limpieza				
3	Inspección visual				
Transformador					
4	Aceite				
5	Envolvente				
6	Devanados				
7	Conexiones				
8	Protecciones				
Conductores					
9	Conexiones				
10	Aislamiento				
Puesta a tierra					
11	Embarrado				
12	Medida de tierra				
Inspección termográfica					
13	Inspección termográfica				
Sistema de extracción					
14	Sistema de extracción				
Sistema de ventilación					
15	Limpieza				

Comentarios:

Firmas:	
Operarios/ Técnicos	Supervisor

Plantilla Anual
Estación transformadora

Código: PM-SET-A01

Fecha:

Operarios / Técnicos:

Supervisado por:

Página: 2/2

Nº	Tarea	Correcto	Incorrecto	Pendiente	Observaciones
Baja tensión					
16	Conexiones				
17	Disyuntores				
18	Protecciones				
19	Mando				
20	Medida				
Media tensión					
21	Conexiones				
22	Seccionadores				
23	Fusibles				
24	Protecciones				
25	Mando				
26	Medida				
27	Aislamiento				

Comentarios:

Firmas:

Operarios/ Técnicos Supervisor

Plantilla Anual
Estación transformadora

Código: PM-SET-A02

Fecha:

Página: 1/1

Operarios / Técnicos:

Supervisado por:

Nº	Tarea	Correcto	Incorrecto	Pendiente	Observaciones
Protecciones contra incendios					
1	Detectores de humo				
2	Extintores				
3	Señalizaciones				
4	Alarma contra incendios				
5	Alarma anti intrusión				
6	Luminarias de emergencia				

Comentarios:

Firmas:	
Operarios/ Técnicos	Supervisor

Plantilla Trianual
Estación transformadora

Código: PM-SET-TA1

Fecha:

Página: 1/1

Operarios / Técnicos:

Supervisado por:

Nº	Tarea	Correcto	Incorrecto	Pendiente	Observaciones
OCA					
1	Comprobaciones OCA				

Comentarios:

Firmas:

Operarios/ Técnicos

Supervisor

Plantilla Anual

Cajas de strings

Código: PM-STR-A01
Fecha:
Operarios / Técnicos:
Supervisado por:

Página: /9

Nº	Tarea	Correcto	Incorrecto	Pendiente	Observaciones
Limpieza					
1	Limpieza				
Caja de strings					
2	Estanqueidad				
3	Sujeción				
4	Etiquetado				
Mediciones					
5	Tensión circuito abierto				
6	Corriente de cortocircuito				
Puesta a tierra					
7	Puesta a tierra				
Conductores					
8	Conexiones				
9	Aislamiento				
10	Curvatura				
11	Sujeción				
12	Etiquetado				
Baja tensión					
13	Protecciones				
14	Mando				
15	Medida				
Inspección termográfica					
16	Inspección termográfica				

Comentarios:

Firmas:

Operarios/ Técnicos

Supervisor

Anexo V: Plantillas para el listado de averías

Análisis de averías

Código: PM-AVE-A01

Fecha:

Página: /

Equipo:

Total de horas:

Operarios / Técnicos:

Supervisor:

Descripción de la avería

Procedimiento de resolución

Condiciones de funcionamiento del equipo

Repuestos necesarios:

Firmas:

Anexo VI: Diagrama de Gantt

ID	Nombre	Duracion	Inicio	Terminado	Predec...	Nombres del Recurso	ene 2020		feb 2020		mar 2020		abr 2020		may 2020		jun 2020		jul 2020		ago 2020		sep 2020		oct 2020		nov 2020		dic 2020																	
							30	06	13	20	27	03	10	17	24	02	09	16	23	30	06	13	20	27	03	10	17	24	31	07	14	21	28	05	12	19	26	02	09	16	23	30	07	14	21	28
237	Mediciones	0,134 days	1/04/20 7:34	1/04/20 8:34	233																																									
238	Tensión circuito abierto	0,067 days	1/04/20 7:34	1/04/20 8:04		Operario 1;Operario 2																																								
239	Corriente de cortocircuito	0,067 days	1/04/20 8:04	1/04/20 8:34	238	Operario 1;Operario 2																																								
240	Puesta a tierra	0,067 days	1/04/20 8:34	1/04/20 9:04	237																																									
241	Medida puesta a tierra	0,067 days	1/04/20 8:34	1/04/20 9:04		Operario 1;Operario 2																																								
242	Conductores	0,665 days	1/04/20 9:04	1/04/20 14:04	240																																									
243	Conexiones	0,133 days	1/04/20 9:04	1/04/20 10:04		Operario 1;Operario 2																																								
244	Aislamiento	0,133 days	1/04/20 10:04	1/04/20 11:04	243	Operario 1;Operario 2																																								
245	Curvaturas	0,133 days	1/04/20 11:04	1/04/20 12:04	244	Operario 1;Operario 2																																								
246	Sujeción	0,133 days	1/04/20 12:04	1/04/20 13:04	245	Operario 1;Operario 2																																								
247	Etiquetado	0,133 days	1/04/20 13:04	1/04/20 14:04	246	Operario 1;Operario 2																																								
248	Baja tensión	0,333 days	1/04/20 14:04	2/04/20 9:04	242																																									
249	Protección	0,133 days	1/04/20 14:04	2/04/20 7:34		Operario 1;Operario 2																																								
250	Mando	0,133 days	2/04/20 7:34	2/04/20 8:34	249	Operario 1;Operario 2																																								
251	Medida	0,067 days	2/04/20 8:34	2/04/20 9:04	250	Operario 1;Operario 2																																								
252	Inspección termográfica	0,067 days	2/04/20 9:04	2/04/20 9:34	248																																									
253	Inspección termográfica	0,067 days	2/04/20 9:04	2/04/20 9:34		Operario 1;Operario 2																																								
254	Anual estación transformadora	0,535 days	2/04/20 9:34	2/04/20 13:34	230																																									
255	Iluminación	0,013 days	2/04/20 9:34	2/04/20 9:40																																										
256	Luminarias	0,013 days	2/04/20 9:34	2/04/20 9:40		Operario 1																																								
257	Obra civil	0,067 days	2/04/20 9:40	2/04/20 10:10	255																																									
258	Limpieza	0,067 days	2/04/20 9:40	2/04/20 10:10		Operario 1																																								
259	Inspección visual	0,013 days	2/04/20 9:40	2/04/20 9:46		Operario 1																																								
260	Transformador	0,133 days	2/04/20 10:10	2/04/20 11:10	257																																									
261	Aceite	0,013 days	2/04/20 10:10	2/04/20 10:16		Operario 1																																								
262	Devanados	0,04 days	2/04/20 10:16	2/04/20 10:34	261	Operario 1;Operario 2																																								
263	Conexiones	0,04 days	2/04/20 10:34	2/04/20 10:52	262	Operario 1;Operario 2																																								
264	Protecciones	0,04 days	2/04/20 10:52	2/04/20 11:10	263	Operario 1;Operario 2																																								
265	Conductores	0,08 days	2/04/20 11:10	2/04/20 11:46	260																																									
266	Conexiones	0,04 days	2/04/20 11:10	2/04/20 11:28		Operario 1;Operario 2																																								
267	Aislamiento	0,04 days	2/04/20 11:28	2/04/20 11:46	266	Operario 1;Operario 2																																								
268	Baja tensión	0,065 days	2/04/20 11:46	2/04/20 12:15	265																																									
269	Conexiones	0,013 days	2/04/20 11:46	2/04/20 11:51		Operario 1;Operario 2																																								
270	Disyuntores	0,013 days	2/04/20 11:51	2/04/20 11:57	269	Operario 1;Operario 2																																								
271	Protecciones	0,013 days	2/04/20 11:57	2/04/20 12:03	270	Operario 1;Operario 2																																								
272	Mando	0,013 days	2/04/20 12:03	2/04/20 12:09	271	Operario 1;Operario 2																																								
273	Medida	0,013 days	2/04/20 12:09	2/04/20 12:15	272	Operario 1;Operario 2																																								
274	Media tensión	0,091 days	2/04/20 12:15	2/04/20 12:56	268																																									
275	Conexiones	0,013 days	2/04/20 12:15	2/04/20 12:21		Operario 1;Operario 2																																								
276	Seccionadores	0,013 days	2/04/20 12:21	2/04/20 12:26	275	Operario 1;Operario 2																																								
277	Fusibles	0,013 days	2/04/20 12:26	2/04/20 12:32	276	Operario 1;Operario 2																																								
278	Protecciones	0,013 days	2/04/20 12:32	2/04/20 12:38	277	Operario 1;Operario 2																																								
279	Mando	0,013 days	2/04/20 12:38	2/04/20 12:44	278	Operario 1;Operario 2																																								
280	Medida	0,013 days	2/04/20 12:44	2/04/20 12:50	279	Operario 1;Operario 2																																								
281	Aislamiento	0,013 days	2/04/20 12:50	2/04/20 12:56	280	Operario 1;Operario 2																																								
282	Sistema de ventilación	0,013 days	2/04/20 12:56	2/04/20 13:02	274																																									
283	Limpieza	0,013 days	2/04/20 12:56	2/04/20 13:02		Operario 1																																								
284	Sistema de extracción	0,013 days	2/04/20 13:02	2/04/20 13:07	282																																									
285	Sistema de extracción	0,013 days	2/04/20 13:02	2/04/20 13:07		Operario 1																																								
286	Inspección termográfica	0,027 days	2/04/20 13:07	2/04/20 13:19	284																																									
287	Inspección termográfica	0,027 days	2/04/20 13:07	2/04/20 13:19		Operario 1;Operario 2																																								

	Nombre	Duración	Inicio	Terminado	Predec...	Nombres del Recurso	ene 2020		feb 2020				mar 2020				abr 2020				may 2020				jun 2020				jul 2020				ago 2020				sep 2020				oct 2020				nov 2020				dic 2020										
							30	06	13	20	27	03	10	17	24	02	09	16	23	30	06	13	20	27	04	11	18	25	01	08	15	22	29	06	13	20	27	03	10	17	24	31	07	14	21	28	05	12	19	26	02	09	16	23	30	07	14	21	28
339	Inspección sonora	0,013 days	7/04/20 11:38	7/04/20 11:44		Operario 1																																																					
340	Baja tensión	0,013 days	7/04/20 11:44	7/04/20 11:50	337																																																						
341	Inspección visual	0,013 days	7/04/20 11:44	7/04/20 11:50		Operario 1																																																					
342	Media tensión	0,013 days	7/04/20 11:50	7/04/20 11:56	340																																																						
343	Inspección visual	0,013 days	7/04/20 11:50	7/04/20 11:56		Operario 1																																																					
344	Limpieza	0,013 days	7/04/20 11:56	7/04/20 12:02	342																																																						
345	Limpieza	0,013 days	7/04/20 11:56	7/04/20 12:02		Operario 1																																																					
346	Mensual strings	0,198 days	7/04/20 12:02	7/04/20 13:31	332																																																						
347	Inspección 1	0,022 days	7/04/20 12:02	7/04/20 12:12		Operario 1; Operario 2																																																					
348	Inspección 2	0,022 days	7/04/20 12:12	7/04/20 12:22	347	Operario 1; Operario 2																																																					
349	Inspección 3	0,022 days	7/04/20 12:22	7/04/20 12:32	348	Operario 1; Operario 2																																																					
350	Inspección 4	0,022 days	7/04/20 12:32	7/04/20 12:42	349	Operario 1; Operario 2																																																					
351	Inspección 5	0,022 days	7/04/20 12:42	7/04/20 12:51	350	Operario 1; Operario 2																																																					
352	Inspección 6	0,022 days	7/04/20 12:51	7/04/20 13:01	351	Operario 1; Operario 2																																																					
353	Inspección 7	0,022 days	7/04/20 13:01	7/04/20 13:11	352	Operario 1; Operario 2																																																					
354	Inspección 8	0,022 days	7/04/20 13:11	7/04/20 13:21	353	Operario 1; Operario 2																																																					
355	Inspección 9	0,022 days	7/04/20 13:21	7/04/20 13:31	354	Operario 1; Operario 2																																																					
356	Trimestral paneles	2,943 days	7/04/20 13:31	10/04/20 13:05	346																																																						
357	Inspección termográfica	2,943 days	7/04/20 13:31	10/04/20 13:05																																																							
358	Inspección termográfica 1	0,327 days	7/04/20 13:31	8/04/20 8:28		Operario 1; Operario 2																																																					
359	Inspección termográfica 2	0,327 days	8/04/20 8:28	8/04/20 10:55	358	Operario 1; Operario 2																																																					
360	Inspección termográfica 3	0,327 days	8/04/20 10:55	8/04/20 13:22	359	Operario 1; Operario 2																																																					
361	Inspección termográfica 4	0,327 days	8/04/20 13:22	9/04/20 8:20	360	Operario 1; Operario 2																																																					
362	Inspección termográfica 5	0,327 days	9/04/20 8:20	9/04/20 10:47	361	Operario 1; Operario 2																																																					
363	Inspección termográfica 6	0,327 days	9/04/20 10:47	9/04/20 13:14	362	Operario 1; Operario 2																																																					
364	Inspección termográfica 7	0,327 days	9/04/20 13:14	10/04/20 8:11	363	Operario 1; Operario 2																																																					
365	Inspección termográfica 8	0,327 days	10/04/20 8:11	10/04/20 10:38	364	Operario 1; Operario 2																																																					
366	Inspección termográfica 9	0,327 days	10/04/20 10:38	10/04/20 13:05	365	Operario 1; Operario 2																																																					
367	Mayo	10,717 days	1/05/20 7:00	15/05/20 12:22	299																																																						
368	Mensual paneles	2,403 days	1/05/20 7:00	5/05/20 10:01																																																							
369	Inspección 1	0,267 days	1/05/20 7:00	1/05/20 9:00		Operario 1; Operario 2																																																					
370	Inspección 2	0,267 days	1/05/20 9:00	1/05/20 11:00	369	Operario 1; Operario 2																																																					
371	Inspección 3	0,267 days	1/05/20 11:00	1/05/20 13:00	370	Operario 1; Operario 2																																																					
372	Inspección 4	0,267 days	1/05/20 13:00	4/05/20 7:30	371	Operario 1; Operario 2																																																					
373	Inspección 5	0,267 days	4/05/20 7:30	4/05/20 9:30	372	Operario 1; Operario 2																																																					
374	Inspección 6	0,267 days	4/05/20 9:30	4/05/20 11:30	373	Operario 1; Operario 2																																																					
375	Inspección 7	0,267 days	4/05/20 11:30	4/05/20 13:30	374	Operario 1; Operario 2																																																					
376	Inspección 8	0,267 days	4/05/20 13:30	5/05/20 8:01	375	Operario 1; Operario 2																																																					
377	Inspección 9	0,267 days	5/05/20 8:01	5/05/20 10:01	376	Operario 1; Operario 2																																																					
378	Mensual inversores	0,236 days	5/05/20 10:01	5/05/20 11:47	368																																																						
379	Cuarto inverores	0,119 days	5/05/20 10:01	5/05/20 10:54																																																							
380	Limpieza cuarto inversores	0,067 days	5/05/20 10:01	5/05/20 10:31		Operario 1																																																					
381	Comprobar exterior	0,013 days	5/05/20 10:31	5/05/20 10:37	380	Operario 1																																																					
382	Comprobar interior	0,013 days	5/05/20 10:37	5/05/20 10:42	381	Operario 1																																																					
383	Comprobar puertas	0,013 days	5/05/20 10:42	5/05/20 10:48	382	Operario 1																																																					
384	Comprobar ventilación	0,013 days	5/05/20 10:48	5/05/20 10:54	383	Operario 1																																																					
385	Puesta a tierra	0,013 days	5/05/20 10:54	5/05/20 11:00	379																																																						
386	Comprobar embarrado	0,013 days	5/05/20 10:54	5/05/20 11:00		Operario 1; Operario 2																																																					
387	Conductores	0,026 days	5/05/20 11:00	5/05/20 11:12	385																																																						
388	Comprobar conexiones	0,013 days	5/05/20 11:00	5/05/20 11:06		Operario 1; Operario 2																																																					
389	Comprobar aislamiento	0,013 days	5/05/20 11:06	5/05/20 11:12	388	Operario 1; Operario 2																																																					

ID	Nombre	Duracion	Inicio	Terminado	Predec...	Nombres del Recurso	ene 2020		feb 2020		mar 2020		abr 2020		may 2020		jun 2020		jul 2020		ago 2020		sep 2020		oct 2020		nov 2020		dic 2020																														
							30	06	13	20	27	03	10	17	24	02	09	16	23	30	06	13	20	27	04	11	18	25	01	08	15	22	29	06	13	20	27	03	10	17	24	31	07	14	21	28	05	12	19	26	02	09	16	23	30	07	14	21	28
492	Julio	5,857 days	1/07/20 7:00	8/07/20 13:25	435																																																						
493	Mensual paneles	2,403 days	1/07/20 7:00	3/07/20 10:01																																																							
494	Inspección 1	0,267 days	1/07/20 7:00	1/07/20 9:00		Operario 1;Operario 2																																																					
495	Inspección 2	0,267 days	1/07/20 9:00	1/07/20 11:00	494	Operario 1;Operario 2																																																					
496	Inspección 3	0,267 days	1/07/20 11:00	1/07/20 13:00	495	Operario 1;Operario 2																																																					
497	Inspección 4	0,267 days	1/07/20 13:00	2/07/20 7:30	496	Operario 1;Operario 2																																																					
498	Inspección 5	0,267 days	2/07/20 7:30	2/07/20 9:30	497	Operario 1;Operario 2																																																					
499	Inspección 6	0,267 days	2/07/20 9:30	2/07/20 11:30	498	Operario 1;Operario 2																																																					
500	Inspección 7	0,267 days	2/07/20 11:30	2/07/20 13:30	499	Operario 1;Operario 2																																																					
501	Inspección 8	0,267 days	2/07/20 13:30	3/07/20 8:01	500	Operario 1;Operario 2																																																					
502	Inspección 9	0,267 days	3/07/20 8:01	3/07/20 10:01	501	Operario 1;Operario 2																																																					
503	Mensual inversores	0,236 days	3/07/20 10:01	3/07/20 11:47	493																																																						
504	Cuarto inverores	0,119 days	3/07/20 10:01	3/07/20 10:54																																																							
505	Limpieza cuarto inversores	0,067 days	3/07/20 10:01	3/07/20 10:31		Operario 1																																																					
506	Comprobar exterior	0,013 days	3/07/20 10:31	3/07/20 10:37	505	Operario 1																																																					
507	Comprobar interior	0,013 days	3/07/20 10:37	3/07/20 10:42	506	Operario 1																																																					
508	Comprobar puertas	0,013 days	3/07/20 10:42	3/07/20 10:48	507	Operario 1																																																					
509	Comprobar ventilación	0,013 days	3/07/20 10:48	3/07/20 10:54	508	Operario 1																																																					
510	Puesta a tierra	0,013 days	3/07/20 10:54	3/07/20 11:00	504																																																						
511	Comprobar embarrado	0,013 days	3/07/20 10:54	3/07/20 11:00		Operario 1;Operario 2																																																					
512	Conductores	0,026 days	3/07/20 11:00	3/07/20 11:12	510																																																						
513	Comprobar conexiones	0,013 days	3/07/20 11:00	3/07/20 11:06		Operario 1;Operario 2																																																					
514	Comprobar aislamiento	0,013 days	3/07/20 11:06	3/07/20 11:12	513	Operario 1;Operario 2																																																					
515	Baja tensión	0,039 days	3/07/20 11:12	3/07/20 11:29	512																																																						
516	Comprobar protecciones	0,013 days	3/07/20 11:12	3/07/20 11:18		Operario 1;Operario 2																																																					
517	Comprobar mando	0,013 days	3/07/20 11:18	3/07/20 11:23	516	Operario 1;Operario 2																																																					
518	Comprobar medida	0,013 days	3/07/20 11:23	3/07/20 11:29	517	Operario 1;Operario 2																																																					
519	Sistema de extracción	0,013 days	3/07/20 11:29	3/07/20 11:35	515																																																						
520	Comprobar sistema de extracción	0,013 days	3/07/20 11:29	3/07/20 11:35		Operario 1																																																					
521	Inspección termográfica	0,013 days	3/07/20 11:35	3/07/20 11:41	519																																																						
522	Comprobar temperaturas	0,013 days	3/07/20 11:35	3/07/20 11:41		Operario 1;Operario 2																																																					
523	Datos	0,013 days	3/07/20 11:41	3/07/20 11:47	521																																																						
524	Lectura de datos	0,013 days	3/07/20 11:41	3/07/20 11:47		Operario 1																																																					
525	Mensual estación transformadora	0,078 days	3/07/20 11:47	3/07/20 12:22	503																																																						
526	Obra civil	0,013 days	3/07/20 11:47	3/07/20 11:53																																																							
527	Inspección visual	0,013 days	3/07/20 11:47	3/07/20 11:53		Operario 1																																																					
528	Sistema de ventilación	0,013 days	3/07/20 11:53	3/07/20 11:58	526																																																						
529	Inspección visual	0,013 days	3/07/20 11:53	3/07/20 11:58		Operario 1																																																					
530	Transformador	0,013 days	3/07/20 11:58	3/07/20 12:04	528																																																						
531	Inspección visual	0,013 days	3/07/20 11:58	3/07/20 12:04		Operario 1																																																					
532	Inspección sonora	0,013 days	3/07/20 11:58	3/07/20 12:04		Operario 1																																																					
533	Baja tensión	0,013 days	3/07/20 12:04	3/07/20 12:10	530																																																						
534	Inspección visual	0,013 days	3/07/20 12:04	3/07/20 12:10		Operario 1																																																					
535	Media tensión	0,013 days	3/07/20 12:10	3/07/20 12:16	533																																																						
536	Inspección visual	0,013 days	3/07/20 12:10	3/07/20 12:16		Operario 1																																																					
537	Limpieza	0,013 days	3/07/20 12:16	3/07/20 12:22	535																																																						
538	Limpieza	0,013 days	3/07/20 12:16	3/07/20 12:22		Operario 1																																																					
539	Mensual strings	0,198 days	3/07/20 12:22	3/07/20 13:51	525																																																						
540	Inspección 1	0,022 days	3/07/20 12:22	3/07/20 12:32		Operario 1;Operario 2																																																					
541	Inspección 2	0,022 days	3/07/20 12:32	3/07/20 12:42	540	Operario 1;Operario 2																																																					
542	Inspección 3	0,022 days	3/07/20 12:42	3/07/20 12:52	541	Operario 1;Operario 2																																																					

ID	Nombre	Duracion	Inicio	Terminado	Predec...	Nombres del Recurso	ene 2020		feb 2020		mar 2020		abr 2020		may 2020		jun 2020		jul 2020		ago 2020		sep 2020		oct 2020		nov 2020		dic 2020																														
							30	06	13	20	27	03	10	17	24	02	09	16	23	30	06	13	20	27	04	11	18	25	01	08	15	22	29	06	13	20	27	03	10	17	24	31	07	14	21	28	05	12	19	26	02	09	16	23	30	07	14	21	28
594	Obra civil	0,013 days	5/08/20 11:47	5/08/20 11:53																																																							
595	Inspección visual	0,013 days	5/08/20 11:47	5/08/20 11:53		Operario 1																																																					
596	Sistema de ventilación	0,013 days	5/08/20 11:53	5/08/20 11:58	594																																																						
597	Inspección visual	0,013 days	5/08/20 11:53	5/08/20 11:58		Operario 1																																																					
598	Transformador	0,013 days	5/08/20 11:58	5/08/20 12:04	596																																																						
599	Inspección visual	0,013 days	5/08/20 11:58	5/08/20 12:04		Operario 1																																																					
600	Inspección sonora	0,013 days	5/08/20 11:58	5/08/20 12:04		Operario 1																																																					
601	Baja tensión	0,013 days	5/08/20 12:04	5/08/20 12:10	598																																																						
602	Inspección visual	0,013 days	5/08/20 12:04	5/08/20 12:10		Operario 1																																																					
603	Media tensión	0,013 days	5/08/20 12:10	5/08/20 12:16	601																																																						
604	Inspección visual	0,013 days	5/08/20 12:10	5/08/20 12:16		Operario 1																																																					
605	Limpeza	0,013 days	5/08/20 12:16	5/08/20 12:22	603																																																						
606	Limpeza	0,013 days	5/08/20 12:16	5/08/20 12:22		Operario 1																																																					
607	Mensual strings	0,198 days	5/08/20 12:22	5/08/20 13:51	593																																																						
608	Inspección 1	0,022 days	5/08/20 12:22	5/08/20 12:32		Operario 1;Operario 2																																																					
609	Inspección 2	0,022 days	5/08/20 12:32	5/08/20 12:42	608	Operario 1;Operario 2																																																					
610	Inspección 3	0,022 days	5/08/20 12:42	5/08/20 12:52	609	Operario 1;Operario 2																																																					
611	Inspección 4	0,022 days	5/08/20 12:52	5/08/20 13:02	610	Operario 1;Operario 2																																																					
612	Inspección 5	0,022 days	5/08/20 13:02	5/08/20 13:11	611	Operario 1;Operario 2																																																					
613	Inspección 6	0,022 days	5/08/20 13:11	5/08/20 13:21	612	Operario 1;Operario 2																																																					
614	Inspección 7	0,022 days	5/08/20 13:21	5/08/20 13:31	613	Operario 1;Operario 2																																																					
615	Inspección 8	0,022 days	5/08/20 13:31	5/08/20 13:41	614	Operario 1;Operario 2																																																					
616	Inspección 9	0,022 days	5/08/20 13:41	5/08/20 13:51	615	Operario 1;Operario 2																																																					
617	Trimestral paneles	7,803 days	5/08/20 13:51	17/08/20 12:22	607																																																						
618	Limpeza	7,803 days	5/08/20 13:51	17/08/20 12:22																																																							
619	Limpeza 1	0,867 days	5/08/20 13:51	6/08/20 12:51		Operario 1;Operario 2																																																					
620	Limpeza 2	0,867 days	6/08/20 12:51	7/08/20 11:51	619	Operario 1;Operario 2																																																					
621	Limpeza 3	0,867 days	7/08/20 11:51	10/08/20 10:51	620	Operario 1;Operario 2																																																					
622	Limpeza 4	0,867 days	10/08/20 10:51	11/08/20 9:52	621	Operario 1;Operario 2																																																					
623	Limpeza 5	0,867 days	11/08/20 9:52	12/08/20 8:52	622	Operario 1;Operario 2																																																					
624	Limpeza 6	0,867 days	12/08/20 8:52	13/08/20 7:52	623	Operario 1;Operario 2																																																					
625	Limpeza 7	0,867 days	13/08/20 7:52	13/08/20 14:22	624	Operario 1;Operario 2																																																					
626	Limpeza 8	0,867 days	13/08/20 14:22	14/08/20 13:22	625	Operario 1;Operario 2																																																					
627	Limpeza 9	0,867 days	14/08/20 13:22	17/08/20 12:22	626	Operario 1;Operario 2																																																					
628	Septiembre	3,568 days	1/09/20 7:00	4/09/20 11:15	560																																																						
629	Mensual paneles	2,403 days	1/09/20 7:00	3/09/20 10:01																																																							
630	Inspección 1	0,267 days	1/09/20 7:00	1/09/20 9:00		Operario 1;Operario 2																																																					
631	Inspección 2	0,267 days	1/09/20 9:00	1/09/20 11:00	630	Operario 1;Operario 2																																																					
632	Inspección 3	0,267 days	1/09/20 11:00	1/09/20 13:00	631	Operario 1;Operario 2																																																					
633	Inspección 4	0,267 days	1/09/20 13:00	2/09/20 7:30	632	Operario 1;Operario 2																																																					
634	Inspección 5	0,267 days	2/09/20 7:30	2/09/20 9:30	633	Operario 1;Operario 2																																																					
635	Inspección 6	0,267 days	2/09/20 9:30	2/09/20 11:30	634	Operario 1;Operario 2																																																					
636	Inspección 7	0,267 days	2/09/20 11:30	2/09/20 13:30	635	Operario 1;Operario 2																																																					
637	Inspección 8	0,267 days	2/09/20 13:30	3/09/20 8:01	636	Operario 1;Operario 2																																																					
638	Inspección 9	0,267 days	3/09/20 8:01	3/09/20 10:01	637	Operario 1;Operario 2																																																					
639	Mensual inversores	0,236 days	3/09/20 10:01	3/09/20 11:47	629																																																						
640	Cuarto inverores	0,119 days	3/09/20 10:01	3/09/20 10:54																																																							
641	Limpeza cuarto inversores	0,067 days	3/09/20 10:01	3/09/20 10:31		Operario 1																																																					
642	Comprobar exterior	0,013 days	3/09/20 10:31	3/09/20 10:37	641	Operario 1																																																					
643	Comprobar interior	0,013 days	3/09/20 10:37	3/09/20 10:42	642	Operario 1																																																					
644	Comprobar puertas	0,013 days	3/09/20 10:42	3/09/20 10:48	643	Operario 1																																																					

Anexo VII: Estudio económico

Propuesta 1: Cajas de strings con monitorización. Instalación 280 kW									
Meses	Energía Teórica Generada (kWh)	% pérdidas	Estimación de producción (kWh)	Producción real (MWh)	Precio de venta (€/MWh)	Ingresos sin prima (€)	Prima (€)	Total (€)	
Enero	31535,71	15,06%	26784,88	26,78	67,30	1802,62	9125,17	10927,79	
Febrero	37167,30	15,06%	31568,08	31,57	59,21	1869,15	9125,17	10994,32	
Marzo	44608,75	15,06%	37888,48	37,89	54,27	2056,21	9125,17	11181,38	
Abril	48318,31	15,06%	41039,19	41,04	56,75	2328,97	9125,17	11454,14	
Mayo	58752,31	15,06%	49901,32	49,90	53,69	2679,20	9125,17	11804,37	
Junio	51270,56	15,06%	43546,69	43,55	51,99	2263,99	9125,17	11389,16	
Julio	58881,66	15,06%	50011,18	50,01	55,94	2797,63	9125,17	11922,80	
Agosto	55537,91	15,06%	47171,16	47,17	49,60	2339,69	9125,17	11464,86	
Septiembre	49654,03	15,06%	42173,69	42,17	47,32	1995,66	9125,17	11120,83	
Octubre	46854,85	15,06%	39796,20	39,80	72,84	2898,76	9125,17	12023,93	
Noviembre	38828,18	15,06%	32978,74	32,98	74,26	2449,00	9125,17	11574,17	
Diciembre	35868,82	15,06%	30465,21	30,47	67,76	2064,32	9125,17	11189,49	
Total	557278,39		473324,81	473,32		27545,20	109502,04	137047,24	

Propuesta 1: Cajas de strings con monitorización. Instalación 600 kW									
Meses	Energía Teórica Generada (kWh)	% pérdidas	Estimación de producción (kWh)	Producción real (MWh)	Precio de venta (€/MWh)	Ingresos sin prima (€)	Prima (€)	Total (€)	
Enero	71376,88	18,75%	57994,08	57,99	67,30	3903,00	0,00	3903,00	
Febrero	84123,24	18,75%	68350,57	68,35	59,21	4047,04	0,00	4047,04	
Marzo	100965,97	18,75%	82035,37	82,04	54,27	4452,06	0,00	4452,06	
Abril	109362,04	18,75%	88857,23	88,86	56,75	5042,65	0,00	5042,65	
Mayo	132978,02	18,75%	108045,33	108,05	53,69	5800,95	0,00	5800,95	
Junio	116044,07	18,75%	94286,41	94,29	51,99	4901,95	0,00	4901,95	
Julio	133270,78	18,75%	108283,20	108,28	55,94	6057,36	0,00	6057,36	
Agosto	125702,65	18,75%	102134,05	102,13	49,60	5065,85	0,00	5065,85	
Septiembre	112385,28	18,75%	91313,62	91,31	47,32	4320,96	0,00	4320,96	
Octubre	106049,71	18,75%	86165,94	86,17	72,84	6276,33	0,00	6276,33	
Noviembre	87882,40	18,75%	71404,90	71,40	74,26	5302,53	0,00	5302,53	
Diciembre	81184,30	18,75%	65962,66	65,96	67,76	4469,63	0,00	4469,63	
Total	1261325,32		1024833,35	1024,83		59640,31	0,00	59640,31	

Propuesta 2: Cajas de strings sin monitorización. Instalación 280 kW									
Meses	Energía Teórica Generada (kWh)	% pérdidas	Estimación de producción (kWh)	Producción real (MWh)	Precio de venta (€/MWh)	Ingresos sin prima (€)	Prima (€)	Total (€)	
Enero	31535,71	18,07%	25837,21	25,84	67,30	1738,84	9125,17	10864,01	
Febrero	37167,30	18,07%	30451,17	30,45	59,21	1803,01	9125,17	10928,18	
Marzo	44608,75	18,07%	36547,95	36,55	54,27	1983,46	9125,17	11108,63	
Abril	48318,31	18,07%	39587,19	39,59	56,75	2246,57	9125,17	11371,74	
Mayo	58752,31	18,07%	48135,77	48,14	53,69	2584,41	9125,17	11709,58	
Junio	51270,56	18,07%	42005,97	42,01	51,99	2183,89	9125,17	11309,06	
Julio	58881,66	18,07%	48241,74	48,24	55,94	2698,64	9125,17	11823,81	
Agosto	55537,91	18,07%	45502,21	45,50	49,60	2256,91	9125,17	11382,08	
Septiembre	49654,03	18,07%	40681,55	40,68	47,32	1925,05	9125,17	11050,22	
Octubre	46854,85	18,07%	38388,18	38,39	72,84	2796,20	9125,17	11921,37	
Noviembre	38828,18	18,07%	31811,92	31,81	74,26	2362,35	9125,17	11487,52	
Diciembre	35868,82	18,07%	29387,33	29,39	67,76	1991,29	9125,17	11116,46	
Total	557278,39		456578,19	456,58		26570,63	109502,04	136072,67	

Propuesta 2: Cajas de strings sin monitorización. Instalación 600 kW									
Meses	Energía Teórica Generada (kWh)	% pérdidas	Estimación de producción (kWh)	Producción real (MWh)	Precio de venta (€/MWh)	Ingresos sin prima (€)	Prima (€)	Total (€)	
Enero	71376,88	22,49%	55324,22	55,32	67,30	3723,32	0,00	3723,32	
Febrero	84123,24	22,49%	65203,92	65,20	59,21	3860,72	0,00	3860,72	
Marzo	100965,97	22,49%	78258,72	78,26	54,27	4247,10	0,00	4247,10	
Abril	109362,04	22,49%	84766,52	84,77	56,75	4810,50	0,00	4810,50	
Mayo	132978,02	22,49%	103071,26	103,07	53,69	5533,90	0,00	5533,90	
Junio	116044,07	22,49%	89945,76	89,95	51,99	4676,28	0,00	4676,28	
Julio	133270,78	22,49%	103298,18	103,30	55,94	5778,50	0,00	5778,50	
Agosto	125702,65	22,49%	97432,12	97,43	49,60	4832,63	0,00	4832,63	
Septiembre	112385,28	22,49%	87109,83	87,11	47,32	4122,04	0,00	4122,04	
Octubre	106049,71	22,49%	82199,13	82,20	72,84	5987,38	0,00	5987,38	
Noviembre	87882,40	22,49%	68117,65	68,12	74,26	5058,42	0,00	5058,42	
Diciembre	81184,30	22,49%	62925,95	62,93	67,76	4263,86	0,00	4263,86	
Total	1261325,32		977653,26	977,65		56894,65	0,00	56894,65	

Anexo VIII: Fichas técnicas



Shanghai Chaori Solar Energy Science & Technology Development Co., Ltd

ADD: Yangwang Economic Area, Fengxian District, Shanghai, China

Tel: +86-21-57470531

Fax: +86-21-57471382

<http://www.super-solar.com>

E-mail: benuming@126.com



- * **Wide Range of Applications.**

- Grid-connected photovoltaic systems
- Between 1 and 100 kWp
- Large PV systems and special projects

- * **Extended Module Service Life.**

- Cells embedded in EVA (ethylene vinyl acetate)
- Solar safety glass front
- Weather and waterproof foil back

- * **Sturdy Frame.**

- Fully closed aluminum frame
- Frame screwed at end faces

- * **Simple Installation.**

- Multi-contact plug supplied as standard

- * **High Quality Finish.**

- Optical, mechanical and electrical module
- Testing during and post-production
- Automated production line ensures consistently
- High level of product quality

- * **Warranties and Certificates.**

- 25 year warranty on 80% of the minimum output
- 5 year product warranty
- IEC 61215, TÜV Safety Class II, CE, ISO



*** Technical Data 175W:**

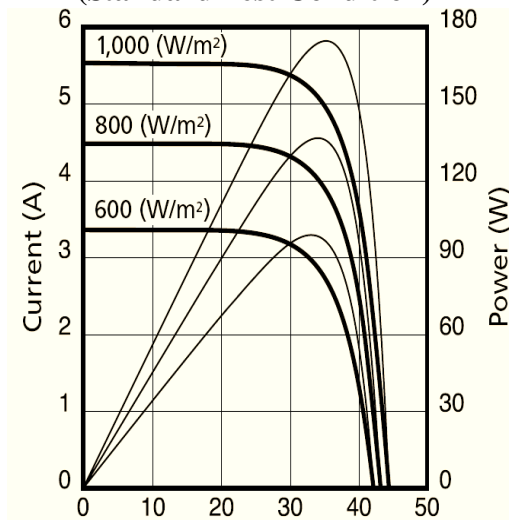
Max.output(Pmax)as per STC*	175W±3%
MPP voltage(Vmpp)	35.0V
MPP current(Impp)	5.00A
No-load voltage(Voc)	43.0V
Short-circuit current(Isc)	5.42A
Temperature coefficient(Pmpp)	-0.38%/
Temperature coefficient(Voc)	-0.146V/
Temperature coefficient(Isc)	+4.6mA/
Maximum system voltage	1000V
Cells	72 monocrystalline

Cell dimensions	125×125mm
Module dimensions(L×W×H)	1580×808×46mm
Weight	15 kg

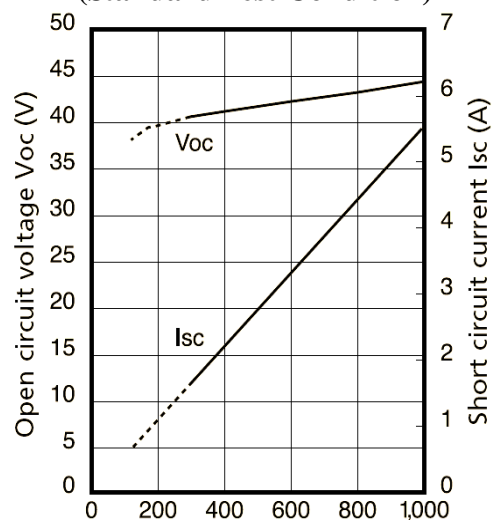
* Standard Test Conditions, which are defined as follows: radiations output of 1000w/m² (max.insolation) at a spectral density of AM 1.5 (ASTM E892), cell temperature of 25 .

*** Electric Characteristics**

Current, Power & Voltage Data (Standard Test Condition)

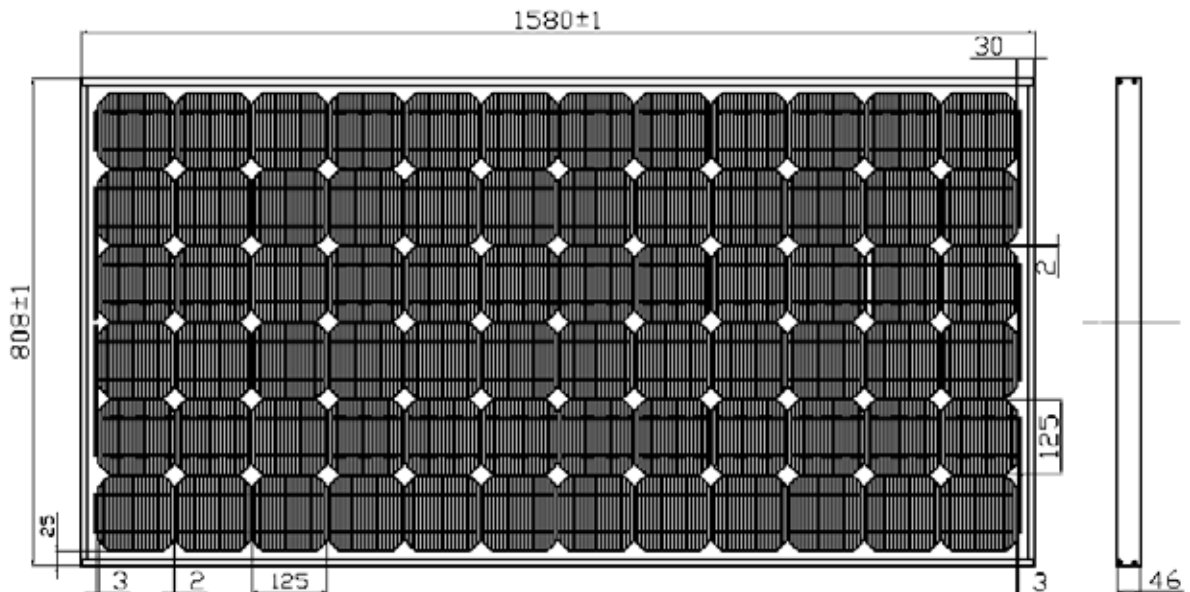


Voc, Isc & Irradiance Data (Standard Test Condition)

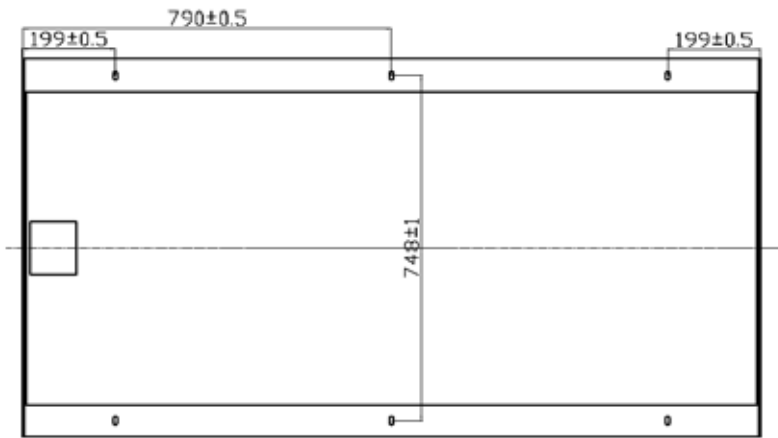


*** Dimensions**

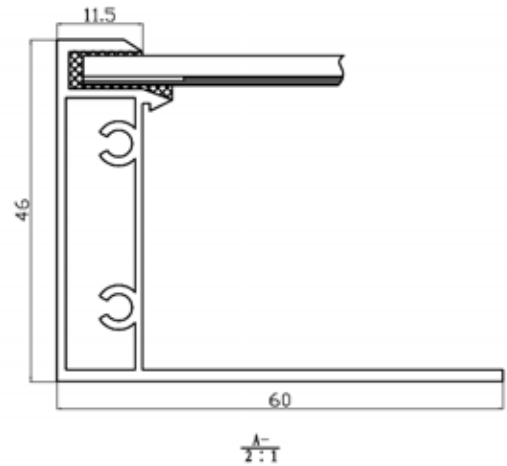
Front Side



Back Side



Cross Section



*** Installation Instructions**

1. Solar module can build on horizontal or inclination plane, we use stainless steel screw fixup on the bracket which we already fixup. Waterproof also the important point, if possible please put the junction box on top of battery parts, we use the threading pipe as down-lead , if don't use the threading pipe, you should put the down-lead at the place without water.
2. You should make sure the battery parts is earth, it must be let the professional do the job of earth, let the professional make sure has no creepage and lightning protection, if possible make sure between parts and parts has 200mm(distance) , make sure it has good ventilation.
3. Solar module exterior should be uprightness and face sun, reduce loss from exterior sunshine and raise export power. That's why the solar module has some angle, how much degree we need to use, it's depend on sunlight and special System design.
4. If you want solar module has best output every day in one year, we suggest the obliquity equal to latitude of you live city. If you want solar module has best output power every day in winter ,we suggest the obliquity equal to latitude of you live city plus 10 degree. If you want solar module has appropriate output every day in the four seasons , we suggest the obliquity equal to latitude of you live city minus 10 degree.
5. When you want to do one kind of upside ,only one important thing is you need to make sure , around solar module has no shadow of tree, shadow of building, shadow of cable, because the shadow will overcast the solar module which will make the solar module out of gear.

*** Maintanance Keypoints**

1. Make sure the module exterior has no dust and dirt, if possible clear the parts sometimes .
2. Make sure don't use any Hard thing to rub the face of modules.
3. Inspect any bad mark on solar module: inspect those may broken cable, inspect those may corroded module (make sure creepage or not)
4. Inspect is that the all connect be ruggedization, is that the screw of bracket be ruggedization, is that the connection be ruggedization, the regulate and the fasten be needed.

ST-175 P-1

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

La tecnología del Instituto Tecnológico y de Energías Renovables (ITER), hace posible la producción de estos módulos solares multicristalinos con células superiores al 16% de eficiencia de conversión.

Para brindar la máxima protección en las condiciones ambientales de operación más severas, las células se encuentran encapsuladas entre una cubierta de vidrio templado y etil-vinilo-acetato (EVA), y una lámina posterior de fluoruro de polivinilo y poliéster (TPT).

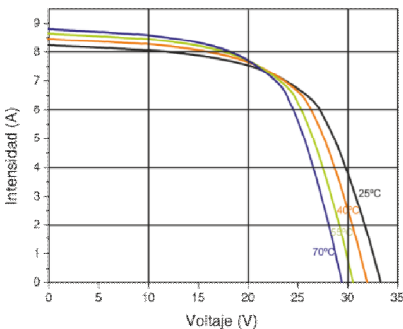
El laminado se encuentra montado en un marco de aluminio anodizado a fin de proveer resistencia estructural y facilidad de instalación.

Las características de este módulo le confieren una gran versatilidad, siendo el candidato ideal tanto para aplicaciones fotovoltaicas conectadas a red, así como para instalaciones fotovoltaicas aisladas.

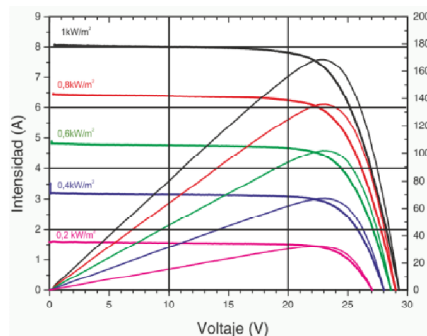


CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Características de la corriente en función de la tensión del módulo fotovoltaico ST175P-1 a varias temperaturas de operación.



Características de la corriente en función de la tensión del módulo fotovoltaico ST175P-1 a varios niveles de irradiación.



GARANTÍA

- 2 años de garantía en materiales y fabricación.
- 20 años de garantía en producción de energía.
 - Al 90% de la potencia nominal original dentro del plazo de 10 años.
 - 80 % dentro del plazo de 20 años posterior a la fecha de venta.

Los valores de potencia deberán ser aquellos medidos bajo las condiciones estándar de medición de ITER, especificados en el momento de la realización de la venta.

CERTIFICACIONES

Los módulos fotovoltaicos ST 175 P-1 han sido diseñados y certificados de acuerdo a las normativas IEC61215, IEC61730-1, IEC61730-2, CE.

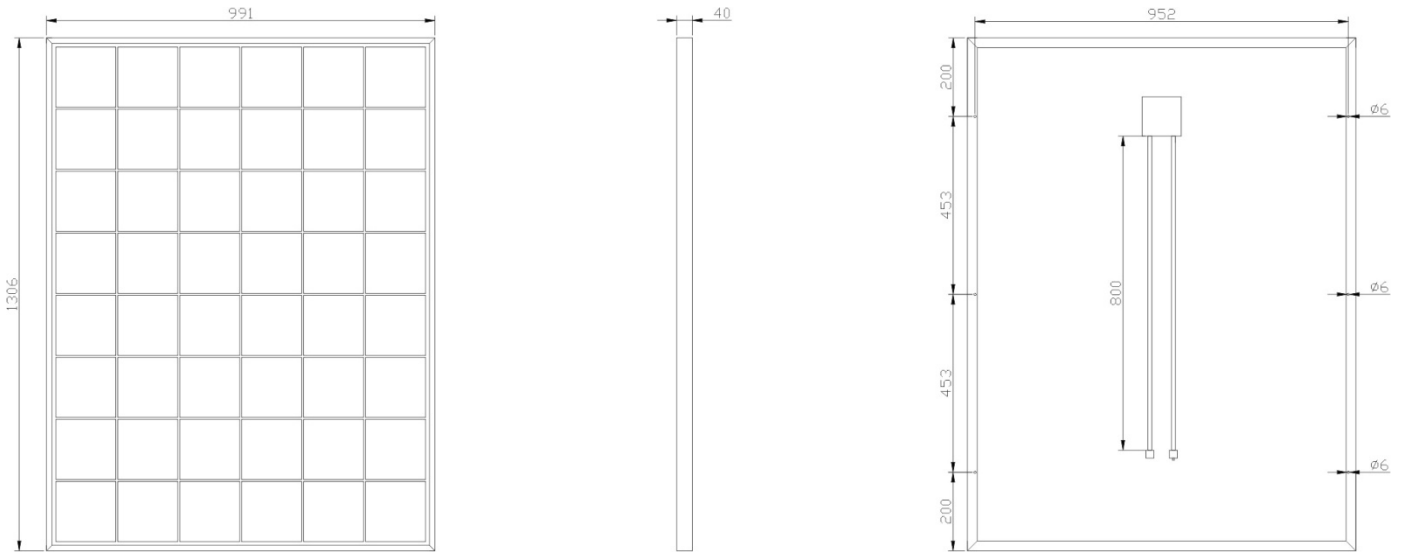
Además, los módulos fotovoltaicos multicristalinos de ITER han pasado los ensayos siguientes:

- Ensayo de ciclo térmico.
- Ensayo de choque térmico.
- Ensayo de ciclo de congelamiento y humedad elevada.
- Prueba de aislamiento eléctrico.
- Ensayo mecánico y de cargas de viento y torsión.
- Prueba de impactos de granizo.
- Ensayo de rocío salino.
- Ensayo de exposición a la luz y al agua.
- Pruebas de exposición a condiciones de campo.



ST-175 P-1

DIMENSIONES



PARÁMETROS ELÉCTRICOS

Parámetros Eléctricos

Tipo de módulo	ITER ST 175 P
Tipo de célula	Multicristalina
Medidas de las células	156 x 156 mm ²
Número de células	48 células en serie
Potencia máxima	175 W +/- 3%
Voltaje a máxima potencia	23,6 V
Intensidad a máxima potencia	7,42 A
Voltaje circuito abierto	30,6
Corriente de cortocircuito	8,13
Eficiencia del módulo	13,75 %
Eficiencia de la célula	15,25 %
Caja de conexiones	Caja IP65
Cable	L: 80cm, Ø: 4mm ²

Características Mecánicas

Dimensiones	1306 x 991 x 40 mm
Peso	16kg
Área	1.29m ²
Anclaje	0,2m desde los bordes
Diámetro tornillo	Métrica 6mm

Parámetros del comportamiento térmico

NOCT	44 °C
TK P	-0,45 % /°C
TK Voc	-0,37 % /°C
TK Isc	+0,06 % /°C

DATOS DE CONTACTO



Polígono Industrial de Granadilla, s/n.
38600 Granadilla de Abona,
Santa Cruz de Tenerife, España

Tel: +34 922 747 700
Fax: +34 922 747 701

Email: comercial@iter.es
Web: www.iter.es

Inversor Teide 100

INFORMACIÓN GENERAL

El inversor modelo ITER-Teide 100 está concebido para la conexión a red de instalaciones fotovoltaicas, teniendo una potencia nominal de 100 kW.

El inversor, sin transformador*, presenta excelentes características de rendimiento (hasta 98,5% a la tensión óptima).

El control del inversor realiza el seguimiento del punto de máxima potencia (MPP), supervisión de alarmas y comunicaciones para soporte de red de datos.

El inversor presenta un volumen y peso relativamente reducidos para su clase, y puede ser instalado en paralelo con otras unidades para obtener potencias mayores.

Monitorización vía RS232 o RS485, con protocolo MODBUS-RTU para conexión a LAN.

Possibilidad de soporte de huecos de tensión (conforme a PO12.3 según PVVC9)

*Transformador de 100kW opcional, en envoltorio aparte, si se requiere (Cumple con R.D. 1663/2000).



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Entrada de DC	Min	Max
Rango de tensiones de entrada (circuito abierto)	-	-
Tensión mínima en MPP	600 V	-
Corriente de entrada	-	160 A
Potencia entrada	1,5 kW	103 kW

Salida 3x400 VAC	Min	Max
Rango de tensiones de operación ¹	340 VAC	440 VAC
Rango de frecuencia de red ²	47,5	51
Corriente de salida (disyuntor)	-	160 A
Factor de potencia	0,99	-
Potencia de salida ³	1 kW	100 kW
Distorsión THD de corriente, a salida nominal	-	4%
Distorsión armónica en la tensión (TRF 100 kW)	-	2%
Rendimiento en el punto MPP	97% ⁴	98,5%
Eficiencia europea	-	97,46%

Ambientales	Min	Max
Temperatura de operación	0°C	45°C
Humedad relativa	-	90%

Mecánicas	Dimensiones	Peso
	61 x 61 x 200 cm	300kg

¹Entre 0,85 y 1,1 veces la tensión nominal, según normativa española.

²Según normativa española.

³Limitado expresamente por el control.

⁴Para potencias mayores al 25% de la nominal.

CONSIDERACIONES

- Las instalaciones fotovoltaicas se pueden dimensionar en exceso de potencia fotovoltaica respecto al inversor. En la práctica, por temperatura, condiciones de radiación, pérdidas en la instalación y otras causas, la potencia disponible será sensiblemente inferior a la nominal. A esto debe añadirse la pérdida en el inversor. En total, la instalación puede sobredimensionarse del orden de un 10%, sin que prácticamente se requiera recortar la producción.
- La pérdida en el inversor es en el caso del Teide 100 un factor menor, dado su elevado rendimiento. No obstante, ésta es función de la tensión de la planta y debe ser considerado a la hora de dimensionar la interconexión de los módulos. Disminuir ésta pérdida ahorra energía y simplifica la evacuación del calor en las instalaciones.

CERTIFICACIONES

El inversor "TEIDE 100" cumple con los requisitos expuestos en las normas "UNE-EN 50178:1998: Equipo eléctrico para uso en instalaciones de potencia en materia de seguridad eléctrica", con las normas "UNE-EN 61000-6-2:2001 sobre inmunidad en entornos industriales" y "UNE-EN 61000-6-4:2001 sobre emisiones en entornos industriales en materia de compatibilidad electromagnética".

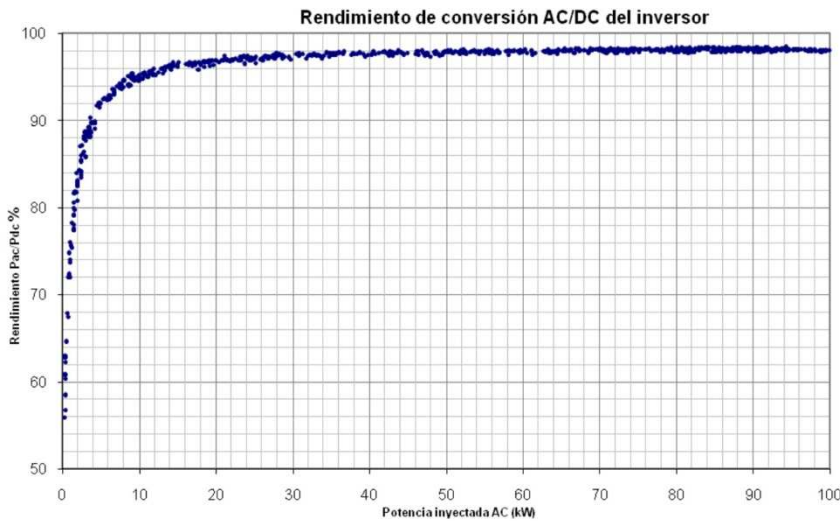


CERTIFICADO DE ENSAYO
Nº: 27285CEM.001

CERTIFICADO DE ENSAYO
Nº: 27285CSE.001

Inversor Teide 100

RENDIMIENTO



La gráfica es una toma de datos real a lo largo de un día de operación.

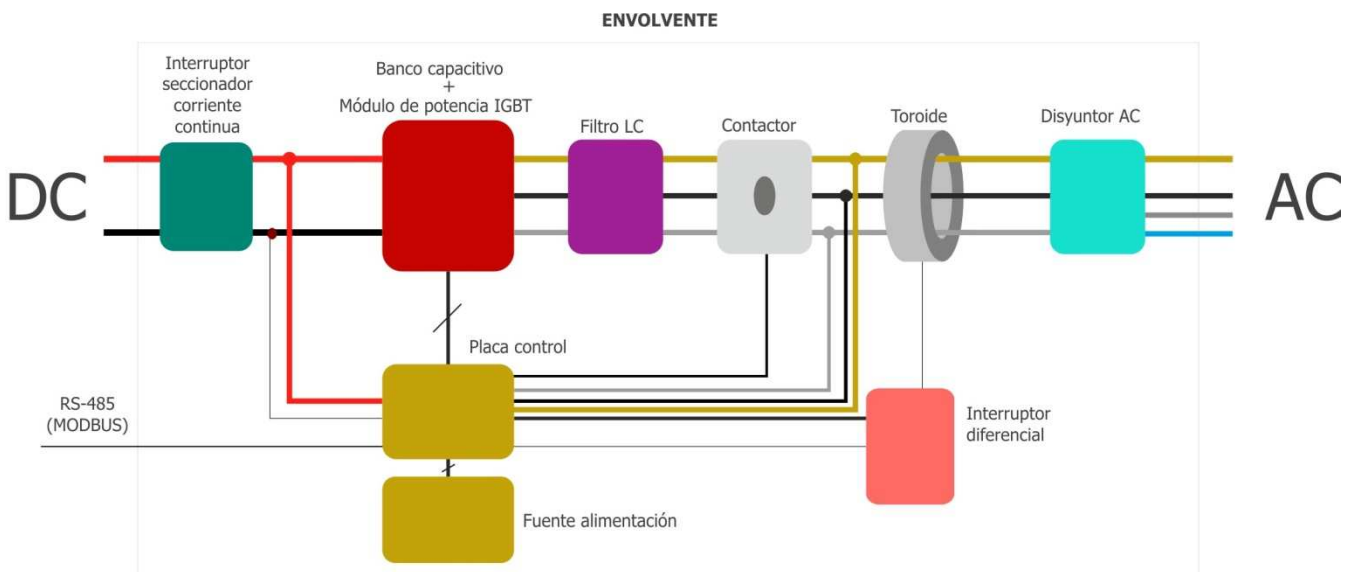
Tanto el módulo de potencia como el filtro están holgadamente dimensionados. Por ello no se observa pendiente negativa a potencias cercanas a la nominal.

La eficiencia europea calculada sobre esta gráfica es del 97,46%

Cálculo eficiencia europea: Fórmula 1

Fórmula 1: $\eta_{\text{euro}} = 0.03 \cdot P_{5\%} + 0.06 \cdot P_{10\%} + 0.13 \cdot P_{20\%} + 0.1 \cdot P_{30\%} + 0.48 \cdot P_{50\%} + 0.2 \cdot P_{100\%}$

DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO



DATOS DE CONTACTO



ITER Instituto Tecnológico y de Energías Renovables S.A.

Polígono Industrial de Granadilla s/n.
38600 Granadilla de Abona,
Santa Cruz de Tenerife, España

Tel: +34 922 747 700
Fax: +34 922 747 701
Email: iter@iter.es
Web: www.iter.es