



INSTALACION FOTOVOLTAICA DE UN CENTRO DEPORTIVO CON CONEXION A RED

Autores: Miguel Angel Romero Nieto Márquez

Tutor: Marcos Pascual Molto

Curso: 2019/2020



- El siguiente proyecto se presentan los siguientes documentos:

Resumen	4
Memoria	8
Pliego de condiciones	75
Presupuesto	87
Planos	91

Resumen

El objetivo del proyecto será la realización del estudio y de la viabilidad de una instalación fotovoltaica que presentará una conexión a red. La finalidad de esta instalación será dotar de energía eléctrica a un centro deportivo, en concreto para un gimnasio ubicado en la localidad de Manzanares, municipio de la provincia de Ciudad Real.

El documento presentará aproximadamente cuatro documentos que serán citados a continuación:

- Memoria. Descripción de la instalación, cálculos efectuados y estudio económico.
- Pliego de condiciones.
- Presupuesto de la instalación.
- Planos de dicha instalación.

El enfoque central del proyecto será el estudio y la estimación de las necesidades o demanda eléctrica que presente este gimnasio, analizando con ello los meses del año donde se requiere mayor cantidad de suministro debido a la afluencia de los abonados.

Mediante este estudio se efectuará el dimensionado de la instalación, calculando el presupuesto de los materiales empleados para poder ajustarlo a las necesidades del cliente.

Una vez terminado el dimensionado de nuestra instalación pasaremos a realizar los cálculos pertinentes para la obtención de las protecciones, descripción de las estructuras, soporte de los módulos empleados, que contarán con un sistema de seguridad o de protección antirrobo y también se realizará el estudio de viabilidad económica.

Para finalizar, realizaremos un pliego de condiciones dentro del apartado técnico del producto, el presupuesto donde se mostrará la descripción de los materiales empleados, de su precio y para finalizar de los planos de la instalación.

Summary

The objective of the project will be to carry out the study and the viability of a photovoltaic installation that will present a grid connection. The purpose of this installation will be to provide electrical energy to a sports center, specifically for a gym located in the town of Manzanares, a municipality in the province of Ciudad Real.

The document will present approximately four documents that will be cited below:

- Memory. Description of the installation, calculations made and economic study.
- Specification of conditions.
- Budget of the installation.
- Plans of said installation.

The central focus of the project will be the study and estimation of the need or electrical demand presented by this gym, thereby analyzing the months of the year where the greatest amount of supply is required due to the influx of subscribers.

Through this study the sizing of the installation will be carried out, calculating the budget of the materials used to be able to adjust it to the customer's needs.

Once the sizing of our installation is finished, we will carry out the pertinent calculations to obtain the protections, description of the structures, support of the modules used, which will have a security or anti-theft protection system and will also carry out the study of economic viability.

To finish, we will make a specification in the technical section of the product, the budget that will show the description of the materials used, their price and to finalize the installation plans.

Resum

L'objectiu del projecte serà la realització de l'estudi i de la viabilitat d'una instal·lació fotovoltaica que presentarà una connexió a xarxa. La finalitat d'aquesta instal·lació serà dotar d'energia elèctrica a un centre esportiu, en concret per a un gimnàs situat en la localitat de Manzanares, municipi de la província de Ciudad Real.

El document presentarà aproximadament quatre documents que seran citats a continuació:

- Memòria. Descripció de la instal·lació, càlculs efectuats i estudi econòmic.
- Plec de condicions
- Pressupost de la instal·lació.
- Plans d'aquesta instal·lació

L'enfocament central del projecte serà l'estudi i l'estimació de les necessitat o demanda elèctrica que presente aquest gimnàs, analitzant amb això els mesos de l'any on es requereix major quantitat de subministrament degut a l'afluència dels abonats.

Mitjançant aquest estudi s'efectuarà el dimensionament de la instal·lació, calculant el pressupost dels materials emprats per a poder ajustar-lo a les necessitats del client.

Una vegada acabat el dimensionament de la nostra instal·lació passarem a realitzar els càlculs pertinents per a l'obtenció de les proteccions, descripció de les estructures, suport dels mòduls emprats, que comptaran amb un sistema de seguretat o de protecció antirobatori i també es realitzarà l'estudi de viabilitat econòmica

Per a finalitzar, realitzarem un plec de condicions dins de l'apartat tècnic del producte, el pressupost on es mostrarà la descripció dels materials emprats, del seu preu i per a finalitzar dels plans de la instal·lació.

Palabras clave

Fotovoltaica, consumo eléctrico, suministro eléctrico, estimación energética, energía renovable, conexión en red.

Keywords

Fotovoltaica, consum elèctric, subministrament elèctric, estimació energètica, energia renovable, connexió en xarxa.

Palabras clau

Fotovoltaica, consum elèctric, subministrament elèctric, estimació energètica, energia renovable, connexió en xarxa.

1. Memoria

INDICE

1. Aspectos generales.....	11
1.1. Objetivo del proyecto.....	12
1.2. Emplazamiento.....	12
1.3. Descripción del proyecto.....	12
1.4. Referencia.....	13
1.5. Energía renovable en España	13
1.6. Esquema de radiación solar en España	16
1.7. Acreditación	17
1.8. Normativa.....	17
2. Descripción de la instalación fotovoltaica.....	18
2.1. Descripción general del sistema.....	18
2.2. Generador fotovoltaico	18
2.3. Paneles fotovoltaicos	19
2.3.1. Energía solar	19
2.3.2. Protecciones de la instalación fotovoltaica.....	19
2.3.3. Protecciones de la instalación fotovoltaica. Corriente continua	21
2.3.4. Protecciones de la instalación fotovoltaica. Corriente alterna	23
2.3.5. Puesta a tierra	24
2.3.6. Fusibles.....	24
2.3.7. Monitor de vigilancia de las derivaciones de corrientes continuas	25
2.3.8. Elementos de protección situados a la salida del inversor y enlace con la	25
empresa distribuidora.....	25
2.4. Inversor CC/CA con conexión a red.....	25
3. Gasto eléctrico. Estudio de las instalaciones.	28
4. Cálculos eléctricos y de la instalación	36
4.1. Producción energética	37
4.2. Placas fotovoltaicas	41
4.3. Inversor	43
4.4. Cableado.....	44
4.4.1. Cálculos de las secciones de los conductores	44
4.4.2. Cableado de la instalación.....	45
4.5. Fusibles o protecciones.....	49

5. Estructura y soporte.....	50
5.1. Estructura y análisis.....	51
5.2. Tornillería	52
5.3. Proceso de montaje	52
5.4. Seguridad.....	53
5.4.1. Bola de seguridad	54
5.4.2. Soldaduras.....	54
6. Sobre peso de nuestra instalación.....	55
7. Estudio económico	56
7.1. Presupuesto	56
7.2. Estudio de la rentabilidad	57
7.2.1. Valor Neto Actual (VAN).....	57
7.2.2. Tasa Interna de Rentabilidad (TIR).....	58
7.2.3. Cálculo del PAYBACK	58
8. Conclusiones.....	61
9. Bibliografía	62
ANEXO n°1	63
Características técnicas del inversor	63
ANEXO n°2.....	69
Paneles fotovoltaicos	69
ANEXO n°3	69
Smart Metter.....	72
ANEXO n°4	72

INDICE DE, FIGURAS, ILUSTRACIONES, TABLAS Y GRAFICOS**FIGURAS**

Figura 1: Superficie de la instalación fotovoltaica.....	12
Figura 2: Previsiones sobre el comportamiento de las distintas fuentes energéticas.....	14
Figura 3: Consumo Final Bruto de Energía en 2020.....	15
Figura 4: Objetivos del Plan de Energías Renovables 2011-2020 en el sector Eléctrico.....	15

ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Esquema de radiación solar en España.....	16
Ilustración 2: Estructura instalación fotovoltaica.....	52
Ilustración 3: Estructura soporte módulos fotovoltaicos.....	53
Ilustración 4: Instrumentación de seguridad para los módulos fotovoltaicos.....	54
Ilustración 5: Soldadura empleada para los módulos fotovoltaicos.....	55
Ilustración 6: Guía de calificaciones IP.....	84

TABLAS

Tabla 1: Equipamiento de las instalaciones.....	28
Tabla 2: Consumo energético meses de enero y febrero.....	29
Tabla 3: Consumo energético meses de marzo y abril.....	30
Tabla 4: Consumo energético meses de mayo y junio.....	31
Tabla 5: Consumo energético meses de julio y agosto.....	32
Tabla 6: Consumo energético meses de septiembre y octubre.....	33
Tabla 7: Consumo energético meses de noviembre y diciembre.....	34
Tabla 8: Estimación de la producción de la energía. Valores optimizados.....	38
Tabla 9: Datos proporcionados sobre el sistema FV fijo.....	40
Tabla 10: Datos proporcionados sobre el sistema FV fijo. Optimizados Acimut.....	40
Tabla 11: Mediciones paneles fotovoltaicos.....	55
Tabla 12: Mediciones perfiles de aluminio.....	56

GRAFICOS

Gráfico 1: Consumo energético mensual.....	35
Gráfico 2: Producción de energía mensual del sistema FV fijo.....	38
Gráfico 3: Irradiación de energía mensual del sistema FV fijo.....	38
Gráfico 4: Producción de energía mensual del sistema FV fijo. Acimut.....	39
Gráfico 5: Irradiación de energía mensual del sistema FV fijo. Acimut.....	39

1. Aspectos generales

1.1. Objetivo del proyecto

En el siguiente proyecto se presentan las condiciones técnicas y económicas para la elaboración de un sistema de generación de energía solar fotovoltaica conectada a la red de baja tensión. La potencia establecida del campo solar será de $28,3 \text{ kW}_p$ correspondiendo a una potencia neta de 20 kW nominales.

1.2. Emplazamiento

Las instalaciones deportivas y de ocio se encuentran en la avenida de Andalucía, número 8, en el municipio de Manzanares, provincia de Ciudad Real. Las coordenadas de la instalación son: $38^{\circ}59'27.2''\text{N } 3^{\circ}22'43.8''\text{W}$.

1.3. Descripción del proyecto

En el siguiente proyecto se estudiará la instalación fotovoltaica de un gimnasio que se encuentra abastecido por la red eléctrica. Se trata de una instalación cuyas dimensiones son de $2014,73 \text{ m}^2$ en total. La superficie disponible para la instalación de las placas fotovoltaicas es de $833,37 \text{ m}^2$ cómo se puede apreciar en la *figura 1*.



Figura 1: Superficie de la instalación fotovoltaica

1.4. Referencia

España y la Unión Europea están comenzando a ofrecer una gran proyección en el campo de las energías renovables. De modo que como se prueba en el B.O.E mediante decretos como el *Real Decreto 661/2007* donde se establece y promueve que la generación de la energía eléctrica mediante fuentes renovables, en concreto, el *Real Decreto 1699/2011* es el encargado de establecer una serie de requisitos y procedimientos que son necesarios para establecer la conexión a red de las instalaciones que produzcan energía eléctrica de una determinada potencia. El *Real Decreto-ley 9/2013* es el encargado de adoptar las medidas urgentes que nos permitan garantizar una estabilidad financiera de los sistemas eléctricos.

España se ha involucrado de forma comprometedoramente con distintos países internacionales para poder lidiar con el consumo de la energía eléctrica y de este modo poder reducir la emisión de los gases contaminantes, como los gases de efecto invernadero. El *protocolo de Kioto* obliga a tomar una serie de medidas para promocionar el uso de las energías renovables. La misión de este protocolo es combatir el cambio climático reduciendo las emisiones generadas por la acción del efecto invernadero y el sobrecalentamiento de nuestro planeta. El *protocolo de Kioto* establece a los Estados miembros de la UE una serie de reducciones conjuntas de emisión de gases estableciendo una serie de objetivos respecto a años anteriores.

España, una vez terminado el período anterior del Plan de Fomento de las Energías Renovables 2000-2010 y según el mandato establecido de la legislación actual, llevo a la practica un nuevo plan para el período de 2011-2020. En este plan se incluye el diseño de nuevos escenarios energéticos y la incorporación de objetivos que estén conformes con a las directivas estipuladas. Para ello se lleva a cabo el cumplimiento de un objetivo de consumo que establezca una cuota mínima del 20% proveniente de fuentes de energías renovables. Este objetivo se ha instaurado también en la Unión Europea en concreto sobre el consumo final bruto de energía.

1.5. Energía renovable en España

Dentro del entorno político europeo de la energía renovable actual encontramos unos aspectos fundamentales como son la competitividad económica, la seguridad en el suministro de la energía eléctrica y el cuidado del medio ambiente. España se ha desarrollado un control de las infraestructuras energéticas mediante el ahorro y la eficiencia energética de las energías renovables, así como la potenciación y fomento de la transparencia en los mercados. Los beneficios obtenidos respecto a las energías renovables con relación a sus costes a nivel económico han sido satisfactorios gracias a los cambios y a las actualizaciones tecnológicas.

España ha dejado de lado la fase de lanzamiento de las energías renovables para adentrarse de una forma eficiente y consolidar el desarrollo de las energías renovables. Como resultado ante esta política de apoyo a las energías renovables, se establece mediante el macro plan de las *Energías Renovables 2011-2020* que el crecimiento durante estos últimos años de dichas energías ha sido significativo, hasta el punto de alcanzar en términos de consumo de la energía primaria una cuota de 6,3% en el año 2004 y un 13,2% en 2010.

Este porcentaje correspondiente al año 2010 se incrementa hasta alcanzar un total del 13,2% tras añadir la cuota calculada de la contribución de las energías renovables sobre el consumo final bruto energético, cumpliendo el acuerdo establecido mediante la *Directiva 2009/28/CE*.

- A continuación, se muestra gráficamente la evolución temporal sobre el comportamiento de las distintas fuentes de energía.:

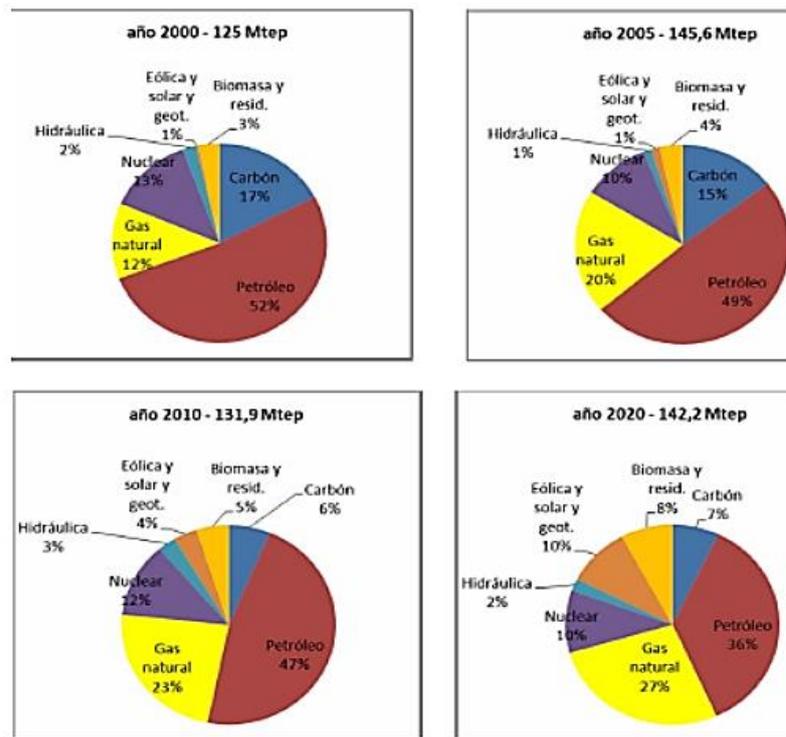


Figura 2:

Previsiones sobre el comportamiento de las distintas fuentes energéticas

El Consejo Europeo de marzo de 2007 aprobó el denominado *Paquete de Energía y Clima*, el cual llevó a cabo la implantación para el año 2020 de unos objetivos con la finalidad de poder mejorar de forma más eficiente la energía eléctrica, en concreto para poder instaurar una reducción de las emisiones de CO₂ del 20%, ampliable al 30% dentro de los rangos establecidos mediante el acuerdo global y de introducción de las energías renovables en el consumo final del 20%, como valor mínimo y además asegurando una participación mínima del 10% dentro del sector de los transportes que originaría la fundación de una nueva Directiva comunitaria, cuyo origen tendría lugar en el año 2009. En esta Directiva se presentan unos nuevos objetivos de carácter obligatorios mediante los cuales los Estados miembros y la Ley de Economía Sostenible trasladarían estos objetivos dentro del marco legislativo español.

De forma global, este nuevo plan supone pasar de una contribución de las energías renovables del 13,2% en 2010 a un 20,8 % en 2020, de acuerdo con la distribución por áreas que aparece a continuación:

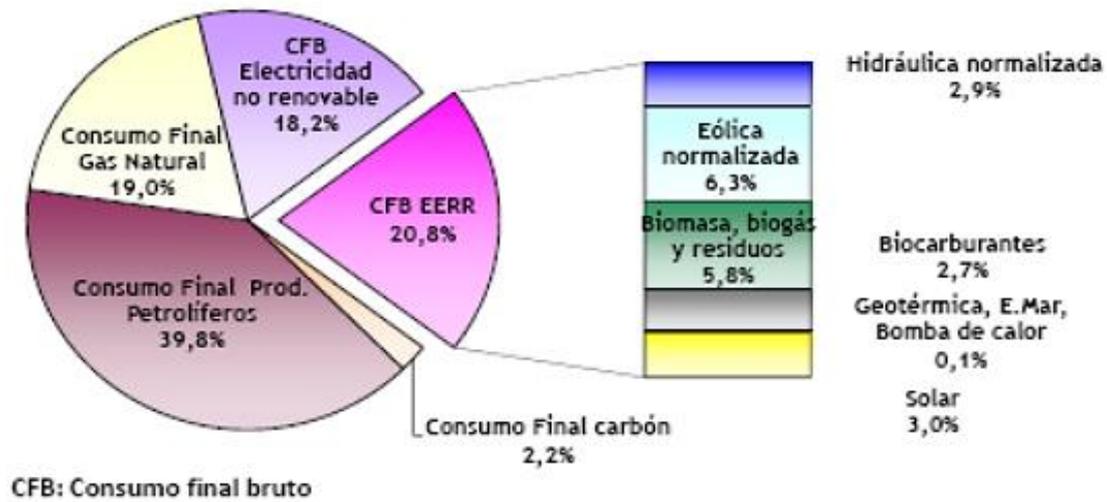


Figura 3: Consumo Final Bruto de Energía en 2020.

La energía eólica representará la mayor aportación renovable a nuestro consumo, seguida del grupo de biomasa, biogás y residuos, con participaciones importantes de la energía de origen hidráulico, de los biocarburantes sostenibles y de las energías solares, situando a nuestro país en una buena posición para afrontar el reto energético más allá de 2020.

Por lo que se refiere a la generación de electricidad de origen renovable, a continuación, se presenta un resumen de los objetivos de potencia instalada para cada una de las áreas:

	2010 MW	2020 MW	Incremento 2010-2020
Hidroeléctrica (sin bombeo)	13.226	13.861	635
<1 MW (sin bombeo)	242	268	26
1 MW-10 MW (sin bombeo)	1.680	1.917	237
>10 MW (sin bombeo)	11.304	11.676	372
Geotérmica	0	50	50
Solar fotovoltaica	3.787	7.250	3.463
Solar termoeléctrica	632	4.800	4.168
Energía hidrocinética, del oleaje, mareomotriz	0	100	100
Eólica en tierra	20.744	35.000	14.256
Eólica marina	0	750	750
Biomasa, residuos, biogás	825	1.950	1.125
Totales (sin bombeo)	39.214	63.761	24.547

Figura 4: Objetivos del Plan de Energías Renovables 2011-2020 en el sector Eléctrico.

(Potencia instalada)

1.6. Esquema de radiación solar en España

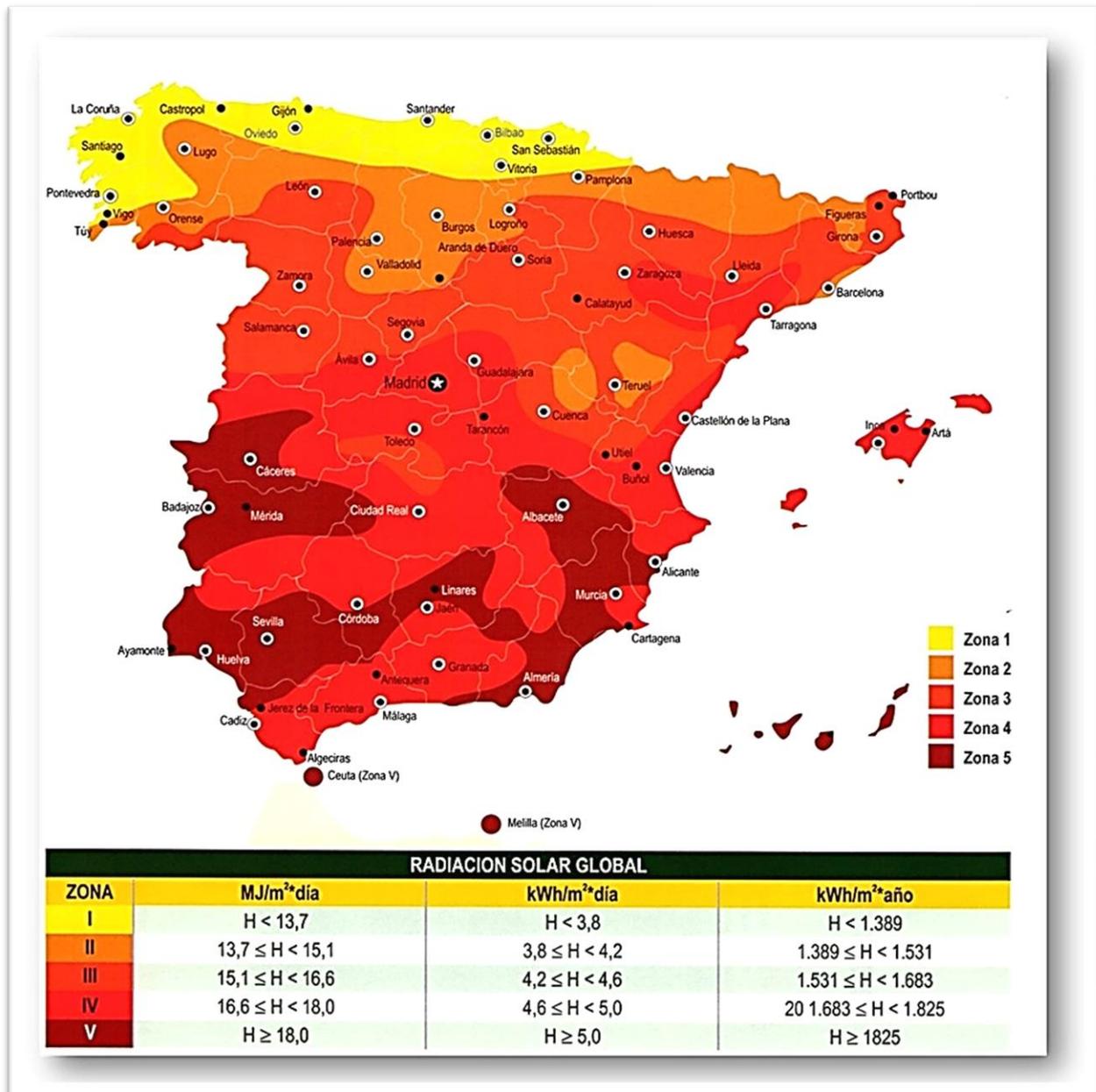


Ilustración 1: Esquema de radiación solar en España.

Mediante este esquema podemos comprobar como a medida del paso del tiempo, la implementación de instalaciones fotovoltaicas para determinadas comercios y usuarios será más rentable y beneficiosa a nivel económico. Esto se debe principalmente a la eficiencia y el desarrollo de los paneles fotovoltaicos a lo largo de estos últimos años, tanto en los equipos de conversión como de almacenamiento de energía.

1.7. Acreditación

Finalmente, la justificación o acreditación de nuestro proyecto se debe principalmente a la tendencia hacia una atrofia energética mediante la producción de los combustibles fósiles, analizando las energías procedentes de las energías renovables. En nuestro caso, la energía solar fotovoltaica da lugar a una repercusión de carácter beneficioso dentro del sector energético global, ya que se trata de una forma eficiente y limpia de disminuir y contribuir a la no dependencia de las fuentes de energía externas, suponiendo a su vez un gran ahorro a nivel económico. Además, cuenta con el cumplimiento con las directivas gubernamentales y de los objetivos internacionales de disminución de gases de efecto invernadero y todo ello bajo una gran eficiencia y rentabilidad económica.

Mediante los datos aportados por *el Plan de Fomento de Energías Renovables*, cada kWh producido con carbón ocasiona unas emisiones de 961 gCO_2 , con gas natural, en ciclos combinados de 372 gCO_2 , y según el término medio del mis eléctrico 400 gCO_2 . La instalación solar fotovoltaica del presente proyecto, tanto por su potencia instalada como por su producción estimada de 33373,34 kWh al año, reducirá y eliminará mediante su implantación y funcionamiento la emisión a la atmósfera de, aproximadamente, 10 toneladas de CO_2 anuales.

1.8. Normativa

La elección de los materiales, el diseño, y la construcción y montaje de la instalación se llevará a cabo conforme con lo decretado en el proyecto básico de ejecución y en las normas y disposiciones legales vigentes:

- Instalación fotovoltaica para un gimnasio con conexión a red:
 - IDEA, octubre de 2002, Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red.
 - Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
 - Plan de Energías Renovables en España (PER) 2011-2020, que revisa el Plan de Fomento de las Energías Renovables en España.
 - Documento Básico HE Ahorro de Energía, marzo de 2006.
 - Real Decreto-Ley 7/2006, de 23 de junio, por el que se adoptan medidas urgentes en el sector energético.
 - Real Decreto 1578/2008, de 26 de septiembre, de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para instalaciones posteriores a la fecha límite de mantenimiento de la retribución del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, para dicha tecnología.
 - Especificaciones Técnicas, Procedimientos y Normas particulares de la compañía suministradora.

2. Descripción de la instalación fotovoltaica

2.1. Presentación general del sistema fotovoltaico

Definimos el concepto de instalación fotovoltaica como aquella que nos permite transformar la energía solar fotovoltaica en energía eléctrica mediante el denominado “efecto fotoeléctrico”, en el cual los fotones de energía impactan con los electrones, extrayendo los átomos que componen la misma. El electrón en movimiento genera la excitación en el proceso mediante el cual se libera la corriente eléctrica, esto tiene lugar en el interior de los paneles o células que componen la instalación de las placas fotovoltaicas.

Esta energía eléctrica, se produce en corriente continua y se transforma en corriente alterna gracias a un inversor que, transforma la energía para su distribución y su transporte. Los componentes principales de estos sistemas son:

- **Células fotovoltaicas:** forman el campo solar. Convierten la energía solar en energía eléctrica.
- **Inversor de conexión a red:** se encarga de transformar la corriente continua producida por los paneles fotovoltaicos a corriente alterna perfectamente sincronizada con la red.

A parte de estos componentes principales, el sistema cuenta el sistema de conexión a la red eléctrica general, las protecciones del campo solar, protecciones de la parte de corriente, puesta a tierra, etc.

2.2. Generador fotovoltaico

El panel fotovoltaico instaurado está compuesto por un total de 95 módulos fotovoltaicos. El fabricante de dichos módulos es Atersa, en concreto el modelo empleado ha sido A- 300 y su potencia de pico es de 300W. Se empleará un inversor Fronius Symo 20.0-3-M de 20 Kw.

La instalación se estructurará y montará sobre una estructura metálica fijada, lo que nos asegura que nuestro modulo se encuentre en la posición correcta. La inclinación de dicho modulo será de 35° y su orientación será hacia el sur, ya que nos asegura las condiciones óptimas de la instalación, como se verá más adelante.

Situaremos las filas a una distancia superior a la que hemos calculado posteriormente en la instalación para así poder evitar el posible sombreado sobre estas. La máxima distancia permitida es de 2,5 metros. La finalidad de esta distancia es garantizar un mínimo de 5 horas de luz, durante el mediodía en el periodo de solsticio de invierno.

La superficie neta que hemos utilizado en la instalación fotovoltaica sobre la cubierta es de 833,37 m² como hemos indicado anteriormente en la descripción del proyecto.

• A continuación se mostrarán las características nominales y de operación del generador fotovoltaico:

- Potencia máxima: 28300 W.
- Potencia nominal: 20000 W.

2.3. Paneles fotovoltaicos

El panel fotovoltaico empleado para la instalación de este proyecto será el *ATERSA A-300 de 300W*. Compuesto por un número total de 95 módulos o células fotovoltaicas las cuales se situarán en serie de $156 \times 156 \text{ mm}$, monocristalina, con un cristal frontal de $3,2 \text{ mm}$ y eficiencia de $15,5 \%$ por cada uno de sus módulos, lo que nos asegura el aprovechamiento de las horas de sol, en concreto desde el amanecer hasta el atardecer y obteniendo la máxima potencia útil para abastecer nuestras instalaciones.

2.3.1. Energía solar

La instalación solar fotovoltaica cuya potencia nominal es de 20 KW presenta una composición de 95 módulos fotovoltaicos Atersa A-300W, conectados a un inversor Fronius Symo 20.0-3-M de 20 KW mediante una adaptación en su configuración que dispondrá de 5 ramas en paralelo con 19 módulos en serie en cada una de estas ramas. Por consiguiente, se expresan las condiciones de trabajo del campo solar fotovoltaico:

(Temperaturas de 25°C bajo condiciones de 70°C y $-13,8^\circ\text{C}$)

- V_{MPP} : 36,52 V
- V_{OC} : 44,97 V
- I_{MPP} : 8,21 A
- I_{CC} : 8,89 A
- V_{MPPT} : 800 V
- $V_{MAX. INVERSOR}$: 1000 V
- $I_{MAX. INVERSOR}$: 33 A

2.3.2. Protecciones de la instalación fotovoltaica

Dentro de nuestra instalación fotovoltaica debemos de cumplir con todas las consideraciones y rasgos técnicos declarados dentro del *Real Decreto 1699/2011*, así como con las propuestas establecidas por el pliego técnico de seguridad del *instituto de Diversificación y ahorro energético*.

- Nuestra instalación contará con los siguientes elementos de protección:

1. Interruptores magnetotérmicos o diferenciales con un rango de intensidad de cortocircuito superior al establecido por la empresa distribuidora en su punto de conexión e interruptor general de manual. Este tipo de interruptores estarán aislados y serán accesibles para realizar su conexión/desconexión de forma manual.
2. Interruptor automático diferencial, con protecciones contra las derivaciones en la parte alterna de la instalación.
3. Puesta a tierra del marco de los módulos y de la estructura.
4. Interruptor automático con conexión controlada mediante software, controlador de aislamiento permanente, aislamiento galvánico e inversor con protección frente a funcionamientos en isla, es decir, no se encontrará inyección de corriente si este detecta alteraciones de mal funcionamiento en la red eléctrica.
5. Puesta a tierra de la carcasa del inversor.
6. **Aislamiento de clase II** en cada uno de los componentes, módulo, cableado, cajas de conexión, etc. (**Aislamiento clase II: Aquellos sistemas en los que la protección no recae solo sobre el aislamiento básico, no existiendo provisión de una puesta a tierra de seguridad**)
7. Fusibles en cada uno de los polos de nuestro generador fotovoltaico, con una función seccionadora.

Con la finalidad de optimizar la eficiencia energética y poder garantizar la absoluta seguridad de los usuarios, la instalación presentará los siguientes puntos adicionales:

- a) El material de los conductores de la instalación será el cobre, y su sección será generada con el fin de garantizar que las pérdidas de tensión en cables y cajas de conexión presenten valores inferiores al 1,5% en *el tramo de corriente continua* y al 2% en el tramo de *corriente alterna*. Todos los cables serán acondicionados para su utilización en intemperie, al aire o enterrado (UNE 21123).
- b) La red de distribución se compone de una agrupación de conductores dispuestos de ternos, en concreto de conductores de cobre aislados tipo RV-K 0,6/1kV UNE 21123 IEC 502 90, de tensión nominal no inferior a 1000 V, sección según cálculos adjuntos, elementos de sujeción, etc.
- c) Se respetará el RBT de los conductores de cable. Encontramos:

- Alturas con respecto al suelo que sean inferiores a 2,5m.
- Cableado en tubo de acero con conexión a tierra en nuestro sistema.
- Discurre en zanja con una profundidad mínima de 60 cm, se hará dentro de tubo, con un aviso de unos 20cm por encima del cable empleado.

Se dispondrá de tan solo una y única toma de tierra tanto en la estructura que soporta el generador fotovoltaico, como en los bornes de puesta a tierra del inversor, para permitir que no creemos diferencias de tensión de altos rangos las cuales suponen un gran peligro para el usuario.

Las masas de la instalación fotovoltaica se conectarán a la misma tierra, tanto en corriente continua como en corriente alterna, siendo así independiente del neutro de la compañía encargada de su distribución.

Las superficies de protección que cubren el conductor tendrán un valor mínimo, este valor será el valor del conductor de fase respectivo.

El tipo de cableado presente utilizado en la instalación dispondrá de secciones adecuadas en función de las intensidades permitidas y en función de las caídas de tensión que con anterioridad han sido mencionadas.

Las canalizaciones empleadas cuentan con la garantía de seguir la *ITC-BT-21*, presente en la **tabla 2** y de modo que la superficie del tubo presente unos valores 2,5 veces superiores al sumatorio de los cables que la contienen, para distancias fijas en superficie. Las canalizaciones cumplirán la norma establecida por la *UNE-EN 50.086*, en referencia a las características mínimas requeridas.

2.3.3. Protecciones de la instalación fotovoltaica. Corriente continua

(Parte correspondiente al generador fotovoltaico)

a) Cortocircuitos:

El cortocircuito se estima como un punto de trabajo no peligroso a la hora de hablar de un generador fotovoltaico, ya que el valor de la corriente está limitado y es muy próximo al valor máximo de operación de este. Sin embargo, podemos encontrar perjudicial el cortocircuito para el inversor. Un método de protección sería incluir, en cada uno de sus polos, fusibles con un valor de 32 A, que además llevarán a cabo la protección contra las sobretensiones y contra las sobrecargas.

El denominado arco eléctrico se origina rápidamente por una variación brusca de la corriente, por ese motivo y para las personas es peligroso la eliminación de un cortocircuito franco en campo generador, ya que se produce un cambio brusco del paso de circuito abierto a cortocircuito.

b) Sobrecargas:

Si el inversor obliga al generador fotovoltaico a realizar su función fuera de su rango de máxima potencia, teniendo presente que la potencia de entrada sea superior o excesiva, se insertarán en cada uno de los polos del sistema unos fusibles de carácter *gG* normalizados según *la normativa EN 60269* cuya finalidad será la de facilitar los trabajos de mantenimiento.

Se utilizarán tipos de fusibles cuyos valores de corriente sean superiores a 8,21 A. De forma que podamos encontraremos dentro de un valor mínimo de 16 A.

c) Contactos directos e indirectos:

El generador fotovoltaico dispondrá de una conexión de tipo flotante, aportando unos valores de niveles de protección eficientes frente a la acción de un tipo de contacto directo e indirecto, teniendo en cuenta que el valor de la resistencia de aislamiento presente en la parte continua de la instalación se sustente por encima de los niveles de seguridad y no se ocasionen ningún tipo de defecto o perturbación enviado a masas o tierra. Si se presenta este último caso de situación de riesgo, las soluciones a adoptar para su resolución se expresan en los siguientes apartados:

- Aislamiento de tipo **clase II** en los módulos fotovoltaicos, cables y cajas de conexión. Estas últimas, dispondrán de llave y presentarán señales de aviso de peligro eléctrico.
- Controlador permanente de aislamiento, insertado en el inversor, por el cual se detectará la presencia de errores y alteraciones negativas, presentes cuando la resistencia de aislamiento se encuentre bajo un valor inferior a un valor implantado o determinado. La tensión presente será la de mayor rango que puede presentar el generador fotovoltaico, lo que supone una de las situaciones con mayor peligro eléctrico.

A partir del origen de este tipo de situaciones se establecerá una garantía mediante la cual, la corriente de falta presente valores que sean inferiores a 30 mA. Esto nos permitirá poder realizar una estimación dentro del umbral de riesgo eléctrico que sea perjudicial para los usuarios. El inversor será en encargado de asegurar y detener su funcionamiento, activando una alarma visible tipo piloto de emergencia dentro del equipo.

d) Sobretensiones:

El generador fotovoltaico, es capaz de generar todo tipo de sobretensiones siempre y cuando sean de origen atmosférico y presente una gran relevancia a la hora de perjudicar la ejecución del trabajo que esté realizando. De modo que, se procederá a realizar una protección en la entrada CC del inversor, mediante el empleo de dispositivos bipolares de protección pertenecientes a la clase II, los cuales presentan unas características válidas para la mayoría de los equipos que se encuentran conectados a la red eléctrica. Estos dispositivos presentan unos valores de tiempo de actuación por debajo de 25 ns y un valor máximo de corriente de acción de 15 kA, con una tensión residual inferior a 2kV. Este dispositivo tendrá un valor de operación de tensión que oscila entre los 420 y 800 V (4-6 KV). No siendo necesaria la protección de este.

2.3.4. Protecciones de la instalación fotovoltaica. Corriente alterna

(Parte correspondiente desde la salida del inversor hasta el punto de conexión)

a) Cortocircuitos y sobrecargas:

El *Real Decreto 1699/2011* establece que es necesario incluir un interruptor de corte, en concreto este interruptor será un interruptor de origen magnetotérmico omnipolar cuyo poder de corte presente valores superiores a la corriente de cortocircuito indicada por la compañía encargada de su distribución en el punto de conexión.

El interruptor, situado en el cuadro principal de nuestra instalación fotovoltaica, deberá tener un acceso adecuado, siendo accesible únicamente por la empresa encargada de su distribución, de forma que se pueda realizar la desconexión manual garantizando ante todo la seguridad en su realización, así como los trabajos de mantenimiento que sean requeridos en red de la compañía eléctrica.

De este modo, podemos asegurar que este segundo magnetotérmico disparará antes que el interruptor general manual, exceptuando que se presenten cortocircuitos de cierta relevancia que provengan de la red de suministro eléctrico. Los magnetotérmicos que se utilizarán serán de *tipo C*, estos, son los más empleados cuando se carece de corrientes de arranque de consumo elevadas. Además, se debe de cumplir con la normativa establecida por la *EN 60269* encargada de proteger la instalación contra posibles sobrecargas.

b) Faltas dirigidas a tierra:

La instalación cuenta con un diferencial de 30 mA (valor correspondiente a su sensibilidad) presente en la parte de *corriente alterna*. Este diferencial nos permitirá proteger la instalación de posibles derivaciones en el circuito donde nos encontremos. Su finalidad es que sólo actúe por fallos a tierra, asignando un valor de corriente que esté por encima del valor del magnetotérmico de protección.

c) Protección de la calidad del suministro:

La *ITC-BT-40* reúne algunas de las especificaciones relacionadas con la calidad de la energía eléctrica que se inyecta a la red en instalaciones generadoras. Estas se especifican con más detalle en el *Real Decreto 1699/2011*.

La desconexión-conexión automática de la instalación fotovoltaica que suponga un caso de pérdida de tensión o frecuencia de la red, se dispondrá de un relé de enclavamiento. El rango de valores de actuación presentes para máxima y mínima frecuencia, así como de máxima y mínima tensión serán de 51 Hz, 49 Hz, $1,1x V_{mpp}$ y $0,85x V_{mpp}$, respectivamente.

La instalación fotovoltaica dispone de un rearme automático del sistema de conmutación y por consiguiente, la de conexión con la red de baja tensión de la instalación fotovoltaica, teniendo presente que se debe de restablecer la tensión de red proveniente de la empresa suministradora.

Se podrá integrar en el equipo inversor las funciones que nos permitan proteger la máxima y mínima tensión y de máxima y mínima frecuencia y cuando esto suceda las maniobras automáticas de desconexión-conexión serán ejecutadas por el mismo.

- *Fronius Symo* presenta las siguientes protecciones:

- Protección galvánica:

Se efectuará entre la red de distribución de baja tensión y entre las instalaciones de nuestro sistema fotovoltaico. Dicha protección se llevará a cabo por medio de la implantación de un transformador de aislamiento que irá incluido en el inversor.

- Funcionamiento en isla:

Se efectuará mediante la instalación de un interruptor tipo automático de interconexión el cuál impedirá que este funcionamiento ocasione efectos peligrosos para el personal de la *Compañía Eléctrica Distribuidora (CED)*. Por consiguiente, el inversor utilizado cuando detecte un fallo de tensión en la red deberá desconectarse de forma automática.

2.3.5. Puesta a tierra

La estructura de los paneles del generador fotovoltaico al igual que el inversor empleados en nuestra instalación presentan una conexión a tierra, de tal modo que el neutro empleado sea independiente de la empresa distribuidora, conservando de forma aceptable los requisitos adoptados por el reglamento electrotécnico para las redes de baja tensión y el *Real Decreto 1699/2011* donde se recoge la regulación de la conexión a red en instalaciones fotovoltaicas de pequeño tamaño (*Artículo 15*). La colocación de las picas de tierra se ajustará a las normativas establecidas por el reglamento electrotécnico de baja tensión.

2.3.6. Fusibles

Para el caso de corriente continua se utilizarán fusibles de protección con una capacidad de 32 A, situados en la base del porta fusible seleccionado (cuadro general de protección del campo solar), cada uno de estos fusible tendrá la labor de proteger a los conductores de salida que sean positivos y pertenecientes a cada uno de los grupos de paneles solares situados en serie. La composición de cada una de las ramas de 19 paneles conectadas en serie dispone de un valor de máxima corriente en funcionamiento de su potencia nominal, luego, empleando fusibles de 32A conseguiríamos una protección entre líneas suficiente para el correcto funcionamiento de la instalación.

2.3.7. Monitor de vigilancia de las derivaciones de corrientes continuas

Nuestro sistema incluirá un monitor encargado de vigilar las posibles derivaciones ocasionadas por las corrientes continuas. Este nos dará el aviso de riesgo cuando se presenten derivaciones situadas en el lado de corriente continua de las células o paneles fotovoltaicos. Este dispositivo lleva integrado el propio inversor.

2.3.8. Elementos de protección situados a la salida del inversor y enlace con la empresa distribuidora.

Una vez situado el pulsador que permita realizar la acción de paro/marcha el cual irá incorporado en los inversores, se añadirá un interruptor general magnetotérmico diferencial cuya sensibilidad es de 30 mA (UNE EN 61009, seccionador para protección contra derivaciones, sobrecargas y cortocircuitos), y se dispondrá a su vez de un interruptor general modo manual, éste deberá ser siempre accesible para que la a empresa distribuidora pueda maniobrar de la forma más eficiente posible, para ello se situará en el interior de la caja general de protección (CGP), así nos aseguramos de que se pueda realizar la conexión/desconexión de forma manual si nos situamos en el exterior. Por otra parte, se deberá asegurar el cumplimiento de lo recogido en la ITC-BT-16 y en el RD 1699/2011.

- Para asegurar dicho cumplimiento se procederá a:

La instalación de dos contadores de tipo unidireccionales (o uno bidireccional), estos cumplirán con la normativa metrológica vigente y su precisión requerida corresponderá como mínimo con la clase de *precisión II*, regularizada por el *Real Decreto 244/2016*.

Para la selección de estos contadores la propia compañía distribuidora certificará las marcas homologas correspondientes para su posterior elección.

El trámite de conexión puede suponer varios meses, en los que se podrá realizar cualquier tipo de ajuste técnico (en lo referido a esta sección del presente proyecto) exigido por la empresa encargada de su distribución, estos ajustes se podrán realizar antes, durante y después de realizar la instalación, hasta que finalmente se obtenga la firma del contrato de compraventa de energía eléctrica y registro definitivo en régimen especial. Por consiguiente, se iniciará el proceso de trámite de conexión desde siempre que dicha solicitud de características técnicas y de conexión sea registrada y emitida.

2.4. Inversor CC/CA con conexión a red

Los inversores con conexión a red presentan la posibilidad de poder introducir al suministro eléctrico comercial de AC, la energía producida por el empleo del generador fotovoltaico de CC, de esta forma convierte la señal y la ajusta hasta encontrar la sincronía perfecta con la red.

El inversor empleado en la instalación solar fotovoltaica es *Fronius Symo 20.0-3-M*, cuyas características técnicas se reflejan en el *anexo 1*.

- Observación:

El *Fronius Symo* es un inversor trifásico, cuya tensión de entrada varía según los distintos modelos y la salida en alterna es de 400 V y 50 Hz. Dicho inversor está preparado para trabajar en paralelo con la red.

Los inversores *Fronius Symo* cumplen con todos los reglamentos estipulados y con las normativas requeridas para su funcionamiento.

Estos inversores de conexión a red *Fronius Symo* nos permite la ejecución de las tareas de forma completamente automatizada debido a su evolucionado sistema de control.

- Se presentan las siguientes características de funcionamiento:

1. Seguimiento del punto de máxima potencia (MPP).

La radiación y la temperatura de funcionamiento de las células fotovoltaicas varían la potencia máxima admisible de nuestra instalación, debido a las características de producción de energía propias de cada uno de los módulos fotovoltaicos. Por esta razón los inversores deben de presentar la capacidad de forzar al campo solar a trabajar bajo su punto de máxima potencia, y presentar un rango de tensiones de entrada y salida bastante amplio.

2. Características de la señal generada.

El inversor se encarga de generar un tipo de señal que se encuentra perfectamente sincronizada con la red. Este sincronismo está referido a valores de frecuencia, tensión y de fase a la que se encuentra conectado y a su vez permite la reducción de armónicos tanto de tensión como de intensidad.

3. Protecciones.

a) Protección para la interconexión de máxima y mínima frecuencia: Tiene lugar cuando la frecuencia de la red presenta unos valores ubicados fuera de los límites de trabajo (49,5 Hz – 50,5 Hz), la actuación del inversor será la de interrumpir inmediatamente su funcionamiento, esto nos ayudaría a comprobar que la red presenta un comportamiento inestable o presenta el denominado modo isla, continuando hasta que la misma frecuencia se sitúe y permanezca dentro del rango permitido.

b) Protección para la interconexión de máxima o mínima tensión: Tiene lugar cuando la tensión de red se presenta unos valores que están fuera de los límites de trabajo establecidos, entonces la actuación del inversor será la de interrumpir su funcionamiento, hasta que los valores de tensión se permanezcan dentro del rango de trabajo admisible (conexión-desconexión y rearme automático).

- c)** Fallo en la red eléctrica o desconexión por la empresa distribuidora: En el caso de que se interrumpa el suministro en la red eléctrica, el inversor trabajará bajo la situación de cortocircuito, de modo que, el inversor pasa a su desconexión por completo y permanece un tiempo hasta que finalmente restaure la tensión en la red para que posteriormente nos permita reiniciar de nuevo su funcionamiento.
- d)** Tensión del generador fotovoltaico baja: Esta situación se da durante el anochecer, o bien, si pasamos a la desconexión del generador solar. Por tanto, el inversor no permite su uso o funcionamiento.
- e)** Intensidad del generador fotovoltaico insuficiente: En este caso el inversor detecta un valor de tensión mínima de trabajo de los generadores fotovoltaicos mediante un valor de radiación pequeño ($2-8 \text{ mW/cm}^2$), ofreciendo así la orden de parada para el valor de intensidad mínima de funcionamiento.
- f)** El inversor presenta una separación galvánica entre la red de distribución de baja tensión y el generador fotovoltaico, a través de un transformador de aislamiento toroidal (*norma UNE 60742*), además, se encarga de proteger las posibles derivaciones de corriente que se puedan ocasionar en el lado de CC (campo solar de paneles), garantizando que el valor de salida de $400 V_{ac}$ permanezca totalmente aislada de los módulos fotovoltaicos.
- g)** Temperatura elevada: En el caso de una temperatura excesiva el inversor contará el sistema de refrigeración forzada mediante un termóstato proporcional encargado de controlar la velocidad de los ventiladores.
- h)** El inversor encierra a su vez dos interruptores magnetotérmicos, de entrada, de panel (DC) y de salida a la Red (AC).

Gran cantidad de inversores disponibles en la actualidad disminuyen el régimen de producción eléctrica una vez que la temperatura ambiente supere valores como los 25°C con la finalidad de protegerse contra el sobrecalentamiento, tirando a la basura cantidades muy significativas de energía. Esto puede suponer una disminución de los ingresos económicos por producción, lo que se traduce en varios miles de euros al año. Con *el Fronius Symo* nos garantizamos que este tipo de degradación a elevadas temperaturas no exista, por lo que la producción no se ve afectada y los ingresos económicos no se ven perjudicados.

Las pérdidas de producción por el motivo del sombreado parcial de paneles y su campo se ven reducidas considerablemente al introducir y emplear el sistema de *Fronius Symo*. Los sistemas compuestos por un voltaje elevado ofrecen una sensibilidad al sombreado parcial del campo y su producción se ve afectada drásticamente al generarse y proyectarse sombras, por pequeñas que sean.

3. Gasto eléctrico. Estudio de las instalaciones.

La instalación fotovoltaica tendrá como ubicación un gimnasio en el cual se presentarán diferentes necesidades eléctricas en función de las diferentes épocas del año y de la variación del número de usuarios. Atendiendo a este tipo factores, se ha realizado una estimación de cada mes, ya que cada uno presenta una serie de variaciones en función de sus días de apertura y un uso diferente de las instalaciones atendiendo a las necesidades de los usuarios que supondrán una variación en cuanto al consumo eléctrico.

El gimnasio cuenta con las luminarias y máquinas que son reflejadas a continuación dentro de la *tabla 1*, donde se detallan las unidades de estas instalaciones y su potencia requerida:

EQUIPOS	DESCRIPCIÓN	UNIDADES	POTENCIA (W)
Luminaria vestuarios	Lámpara fluorescente	16	18
Secador	Ventilador de aire caliente	4	500
Luminarias zona descanso	Lámpara fluorescente	4	18
Máquina expendedora 1	Expendedora de café	1	1400
Máquina expendedora 2	Expendedora refrescos snacks	1	650
Termo	Termo agua caliente	2	1500
TV	TV de LED 60"	1	86
Luminaria sala multiusos	Lámpara fluorescente	14	18
Luminaria sala boxeo	Lámpara fluorescente	8	18
Luminaria sala spinning	LED RGB	2	16
Luminaria sala reuniones	Lámpara fluorescente	8	18
Proyector	Proyector (full hd)	1	330
Ordenador	Sobremesa con pantalla	2	400
Equipo de música	Música	3	500
Router	Router wifi	3	6
Aire acondicionado	Bombas de aire frío y caliente	2	1500
Impresora	Impresora	2	25
Luminaria zona máquinas	Lámpara fluorescente	30	18
Cinta correr	Cinta de correr	4	3600

Tabla 1: Equipamiento de las instalaciones

Este gimnasio dispone de un gran recinto de aparcamiento al aire libre a su entrada, por lo que mediante los amplios ventanales situados en su fachada principal y exterior disponemos de unas instalaciones muy luminosas. Esto permite un ahorro energético ya que se emplearán principalmente estas iluminarias en las horas, días y meses en los que no entre la luz necesaria, concretamente entre las primeras y últimas horas de la jornada laboral del gimnasio. El horario de apertura y cierre es de lunes a viernes de 8:00-23:00, mientras que los sábados será de 8:00-14:00 (horario de mañana).

Una vez ha sido mostrada la *tabla 1* con la lista de cada uno de los aparatos que componen la instalación y proporcionada la información pertinente por nuestro cliente para la obtención de los datos necesarios, como son las horas de funcionamiento de cada uno de los meses del año, sin excluir ni festivos ni domingos, se desarrollaran las siguientes tablas:

- **Tabla 2:**

	ENERO (24 días abierto)			Febrero (22 días abierto)		
	Horas día	Horas mes	Consumo (kwh)	Horas día	Horas mes	Consumo (kwh)
EQUIPOS						
<i>Luminaria vestuarios</i>	4,5	108	31,104	4	88	25,344
<i>Secador</i>	2,5	60	150	2	44	110
<i>Luminarias zona descanso</i>	7	168	12,096	6	132	9,504
<i>Máquina expendedora 1</i>	12	288	403,2	10	220	308
<i>Máquina expendedora 2</i>	15	360	234	15	330	214,5
<i>Termo</i>	10	240	720	10	240	720
<i>TV</i>	10	240	20,64	8	176	15,136
<i>Luminaria sala multiusos</i>	6	144	36,288	6	132	33,264
<i>Luminaria sala de boxeo</i>	6	144	20,736	6	132	19,008
<i>Luminaria sala spinning</i>	6	144	4,608	6	132	4,224
<i>Luminaria sala reuniones</i>	2	48	6,912	2	44	6,336
<i>Proyector</i>	3	72	23,76	2	44	14,52
<i>Ordenador (2 Uds.)</i>	9	216	172,8	9	198	158,4
<i>Equipo de música</i>	15	360	540	15	330	495
<i>Router</i>	24	576	10,368	24	528	9,504
<i>Aire acondicionado</i>	5	120	360	2	44	132
<i>Impresora</i>	1	24	1,2	0,5	11	0,55
<i>Luminaria zona máquinas</i>	7	168	90,72	6	132	71,28
<i>Cinta correr (4 Uds.)</i>	5	120	1728	5	110	1584
	Consumo total (kwh/mes)		4566,432	Consumo total (kwh/mes)		3930,57
	Días abierto		24	Días abierto		22

Tabla 2: Consumo energético meses de enero y febrero.

- **Tabla 3:**

EQUIPOS	Marzo (24 días abierto)			Abril (22 días abierto)		
	Horas día	Horas mes	Consumo (kwh)	Horas día	Horas mes	Consumo (kwh)
<i>Luminaria vestuarios</i>	2,5	55	15,84	2,5	57,5	16,56
<i>Secador</i>	1,5	33	82,5	1,5	34,5	86,25
<i>Luminarias zona descanso</i>	6	132	9,504	5	115	8,28
<i>Máquina expendedora 1</i>	10	220	308	10	230	322
<i>Máquina expendedora 2</i>	15	330	214,5	15	345	224,25
<i>Termo</i>	10	240	720	10	240	720
<i>TV</i>	8	176	15,136	8	184	15,824
<i>Luminaria sala multiusos</i>	6	132	33,264	5	115	28,98
<i>Luminaria sala de boxeo</i>	6	132	19,008	5	115	16,56
<i>Luminaria sala spinning</i>	6	132	4,224	5	115	3,68
<i>Luminaria sala reuniones</i>	2	44	6,336	2	46	6,624
<i>Proyector</i>	2	44	14,52	2	46	15,18
<i>Ordenador (2 Uds.)</i>	9	198	158,4	9	207	165,6
<i>Equipo de música</i>	15	330	495	15	345	517,5
<i>Router</i>	24	528	9,504	24	552	9,936
<i>Aire acondicionado</i>	0	0	330	3	69	207
<i>Impresora</i>	0,5	11	0,55	0,5	11,5	0,575
<i>Luminaria zona máquinas</i>	6	132	71,28	5	115	62,1
<i>Cinta correr (4 Uds.)</i>	5	110	1584	5	115	1656
	Consumo total (kwh/mes)		4091,566	Consumo total (kwh/mes)		4082,899
	Días abierto		22	Días abierto		23

Tabla 3: Consumo energético meses de marzo y abril.

- **Tabla 4:**

EQUIPOS	Mayo (23 días abierto)			Junio (23 días abierto)		
	Horas día	Horas mes	Consumo (kwh)	Horas día	Horas mes	Consumo (kwh)
<i>Luminaria vestuarios</i>	2,5	57,5	16,56	1,5	34,5	9,936
<i>Secador</i>	1,5	34,5	86,25	1,5	34,5	86,25
<i>Luminarias zona descanso</i>	5	115	8,28	3	69	4,968
<i>Máquina expendedora 1</i>	10	230	322	10	230	322
<i>Máquina expendedora 2</i>	15	345	224,25	15	345	224,25
<i>Termo</i>	10	240	720	10	240	720
<i>TV</i>	8	184	15,824	8	184	15,824
<i>Luminaria sala multiusos</i>	5	115	28,98	3	69	17,388
<i>Luminaria sala de boxeo</i>	5	115	16,56	3	69	9,936
<i>Luminaria sala spinning</i>	5	115	3,68	5	115	3,68
<i>Luminaria sala de reuniones</i>	4	92	13,248	5	115	16,56
<i>Proyector</i>	4	92	30,36	5	115	37,95
<i>Ordenador (2 Uds.)</i>	10	230	184	10	230	184
<i>Equipo de música</i>	15	345	517,5	15	345	517,5
<i>Router</i>	24	552	9,936	24	552	9,936
<i>Aire acondicionado</i>	4	92	276	6	138	414
<i>Impresora</i>	0,5	11,5	0,575	0,5	11,5	0,575
<i>Luminaria zona máquinas</i>	5	115	62,1	3	69	37,26
<i>Cinta correr (4 Uds.)</i>	5	115	1656	5	115	1656
	Consumo total (kwh/mes)		4192,103	Consumo total (kwh/mes)		4288,013
	Días abierto		23	Días abierto		23

Tabla 4: Consumo energético meses de mayo y junio.

- **Tabla 5:**

EQUIPOS	Julio (24 días abierto)			Agosto (15 días abierto)		
	Horas día	Horas mes	Consumo (kwh)	Horas día	Horas mes	Consumo (kwh)
<i>Luminaria vestuarios</i>	1,5	36	10,368	1,5	22,5	6,48
<i>Secador</i>	1,5	36	90	1,5	22,5	56,25
<i>Luminarias zona descanso</i>	2	48	3,456	2	30	2,16
<i>Máquina expendedora 1</i>	10	240	336	10	150	210
<i>Máquina expendedora 2</i>	15	360	234	15	225	146,25
<i>Termo</i>	10	240	720	10	240	720
<i>TV</i>	8	192	16,512	8	120	10,32
<i>Luminaria sala multiusos</i>	3	72	18,144	3	45	11,34
<i>Luminaria sala de boxeo</i>	3	72	10,368	3	45	6,48
<i>Luminaria sala spinning</i>	5	120	3,84	5	75	2,4
<i>Luminaria sala reuniones</i>	5	120	17,28	0	0	0
<i>Proyector</i>	5	120	39,6	0	0	0
<i>Ordenador (2 Uds.)</i>	10	240	192	7,5	112,5	90
<i>Equipo de música</i>	15	360	540	15	225	337,5
<i>Router</i>	24	576	10,368	24	360	6,48
<i>Aire acondicionado</i>	6	144	432	6	90	270
<i>Impresora</i>	0,5	12	0,6	0,5	7,5	0,375
<i>Luminaria zona máquinas</i>	2	48	25,92	2	30	16,2
<i>Cinta correr (4 Uds.)</i>	5	120	1728	3	45	648
	Consumo total (kwh/mes)		4428,456	Consumo total (kwh/mes)		2540,235
	Días abierto		24	Días abierto		15

Tabla 5: Consumo energético meses de julio y agosto.

- **Tabla 6:**

EQUIPOS	Septiembre (21 días abierto)			Octubre (24 días abierto)		
	Horas día	Horas mes	Consumo (kwh)	Horas día	Horas mes	Consumo (kwh)
<i>Luminaria vestuarios</i>	2,5	52,5	15,12	3,5	60	17,28
<i>Secador</i>	1,5	31,5	78,75	1,5	36	90
<i>Luminarias zona descanso</i>	3	63	4,536	5	96	6,912
<i>Máquina expendedora 1</i>	10	210	294	10	240	336
<i>Máquina expendedora 2</i>	15	315	204,75	15	360	234
<i>Termo</i>	10	240	720	10	240	720
<i>TV</i>	8	168	14,448	8	192	16,512
<i>Luminaria sala multiusos</i>	4	84	21,168	5	96	24,192
<i>Luminaria sala de boxeo</i>	4	84	12,096	5	96	13,824
<i>Luminaria sala spinning</i>	5	105	3,36	6	120	3,84
<i>Luminaria sala reuniones</i>	2	42	6,048	2	48	6,912
<i>Proyector</i>	2	42	13,86	2	48	15,84
<i>Ordenador (2 Uds.)</i>	9	189	151,2	9	216	172,8
<i>Equipo de música</i>	15	315	472,5	15	360	540
<i>Router</i>	24	504	9,072	24	576	10,368
<i>Aire acondicionado</i>	3	63	189	3	0	0
<i>Impresora</i>	0,5	10,5	0,525	0,5	12	0,6
<i>Luminaria zona máquinas</i>	5	105	56,7	5	120	64,8
<i>Cinta correr (4 Uds.)</i>	6	126	1814,4	5	120	1728
	Consumo total (kwh/mes)		4081,533	Consumo total (kwh/mes)		4001,88
	Días abierto		21	Días abierto		24

Tabla 6: Consumo energético meses de septiembre y octubre

- **Tabla 7:**

EQUIPOS	Noviembre (23 días abierto)			Diciembre (20 días abierto)		
	Horas día	Horas mes	Consumo (kwh)	Horas día	Horas mes	Consumo (kwh)
<i>Luminaria vestuarios</i>	3,5	80,5	23,184	3,5	70	20,16
<i>Secador</i>	1,5	34,5	86,25	1,5	30	75
<i>Luminarias zona descanso</i>	5	115	8,28	6	120	8,64
<i>Máquina expendedora 1</i>	10	230	322	10	200	280
<i>Máquina expendedora 2</i>	15	345	224,25	15	300	195
<i>Termo</i>	10	240	720	10	240	720
<i>TV</i>	8	184	15,824	8	160	13,76
<i>Luminaria sala multiusos</i>	5	115	28,98	6	120	30,24
<i>Luminaria sala de boxeo</i>	5	115	16,56	6	120	17,28
<i>Luminaria sala spinning</i>	6	138	4,416	6	120	3,84
<i>Luminaria sala reuniones</i>	2	46	6,624	2	40	5,76
<i>Proyector</i>	2	46	15,18	2	40	13,2
<i>Ordenador (2 Uds.)</i>	9	207	165,6	9	180	144
<i>Equipo de música</i>	15	345	517,5	15	300	450
<i>Router</i>	24	552	9,936	24	480	8,64
<i>Aire acondicionado</i>	3	69	207	2	40	120
<i>Impresora</i>	0,5	11,5	0,575	0,5	10	0,5
<i>Luminaria zona máquinas</i>	5	115	62,1	6	120	64,8
<i>Cinta correr (4 Uds.)</i>	5	115	1656	6	120	1728
	Consumo total (kwh/mes)		4090,259	Consumo total (kwh/mes)		3898,82
	Días abierto		23	Días abierto		20

Tabla 7: Consumo energético meses de noviembre y diciembre

Con el fin de establecer de forma ordenada el control de cada uno de los consumos mensuales a lo largo de todo el año, se recogerá en el siguiente gráfico cada uno de los valores citados con anterioridad en cada una de las *tablas*. A modo resumen obtenemos que:

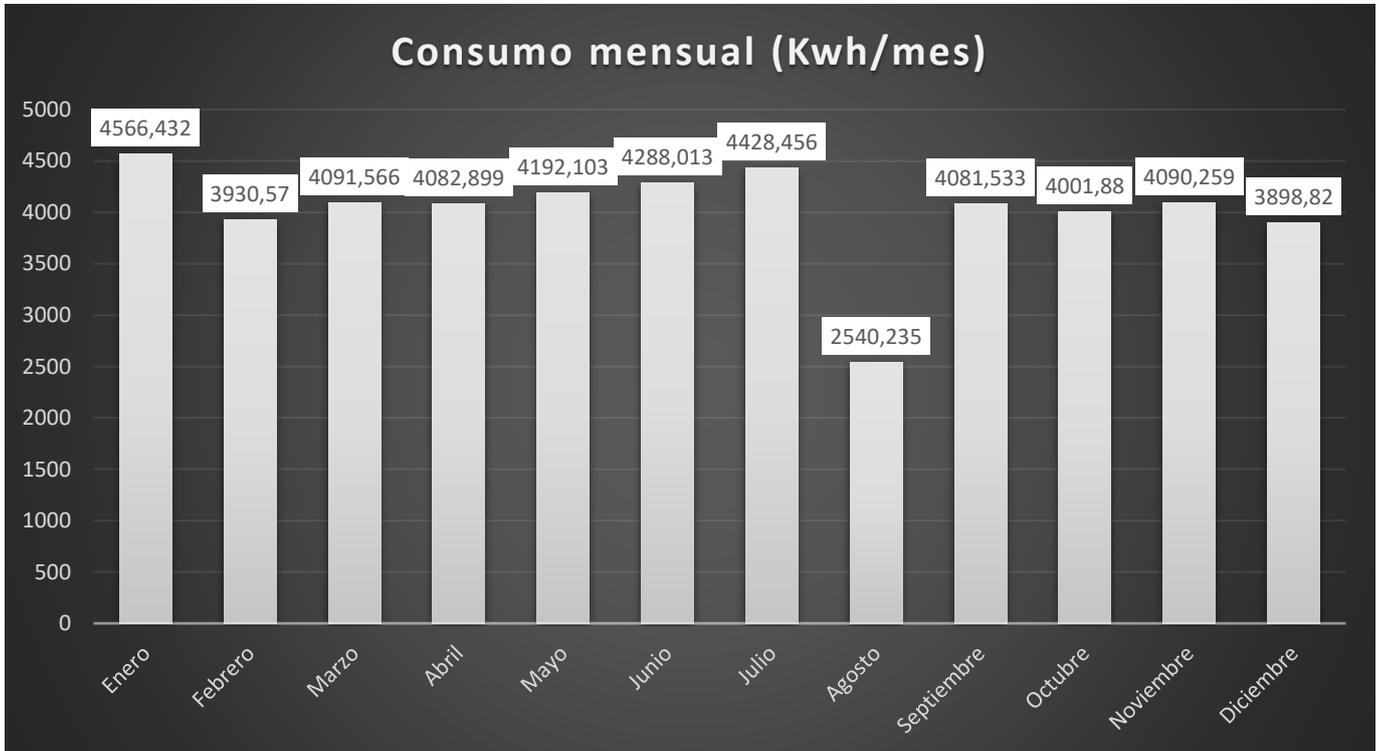


Gráfico 1: Consumo energético mensual

La demanda total anual obtenida, se ha realizado mediante la suma del gasto energético consumido en cada uno de los meses, generando un valor de 47988,51 kWh, y un gasto promedio de 3999,043 kWh por mes.

Como se puede examinar los meses que presentan un mayor gasto energético son los meses de verano, principalmente debido a los gastos por climatización del local por medio de la utilización del aire acondicionado. Por otro lado, debemos de excluir el mes de enero, donde además de presentar un mayor gasto por iluminación se ha tenido un mayor número de días laborales en el año de estimación. Observamos como el mes de agosto presenta el valor más reducido, debido a que su consumo se centra en el consumo energético de los equipos de acondicionamiento, además de una disminución en los días laborales con respecto al resto de meses.

4. Cálculos eléctricos y de la instalación

A continuación, se procederá al dimensionado de nuestra instalación fotovoltaica para un gimnasio conectada a la red de suministro eléctrico público de media tensión mediante la medición o estimación neta. Nuestro gimnasio estará conectado a la red pública con una potencia de 25 KW y presenta un gasto medio anual de aproximadamente 45765 KWh . En el tejado al presentar una geometría horizontal, se utilizarán unas estructuras soporte con el objetivo de poder situar las placas a la inclinación adecuada, de unos 35°, ángulo calculado mediante la utilización de la ecuación que se expresa a continuación:

$$I_{op} : 3,7 + 0,69 \cdot (\text{latitud})$$

• Donde:

- I_{op} representa la inclinación óptima de nuestro panel.
- **latitud** de 39° (N38°59'8.02), esta es la latitud a la que se encuentra nuestra inclinación.

Además, se ha de tener en cuenta la separación existente entre las filas de placas para evitar que se produzca sombreado entre ellas. La expresión utilizada para el cálculo de la distancia entre filas se expresa a continuación:

$$d = \frac{h}{\text{tang}(61 - \text{latitud})}$$

• Donde:

- d se define como la distancia existente entre líneas.
- h altura máxima del objeto.
- **latitud** de 39°(N38°59'8.02), en el municipio de Manzanares.

El cálculo del valor de la altura h se obtiene a través de las reglas trigonométricas, siendo h la expresión que define la altura a la que se encuentran los paneles, multiplicada por el seno del ángulo de inclinación, en nuestro caso 35°. Por lo que para una altura de:

$$h = \text{longitud panel} * \text{sen}(35^\circ) = 1,965 \cdot \text{sen}(35^\circ) = 1,127 \text{ m}$$

$$d = \frac{1,127}{\text{tang}(61 - 39)} = 2,78 \text{ m}$$

El valor (tamaño) para la planta es de 20 KW_p , debido a que la máxima potencia permitida en las instalaciones del gimnasio es aproximadamente de $28,3 \text{ KW}$, de modo que podemos contribuir a satisfacer la demanda eléctrica consumida por el usuario, siempre teniendo en cuenta las posibilidades que nos ofrece nuestra instalación.

4.1. Producción energética

Los datos obtenidos de la *JRC european commission*, nos permiten estimar la producción anual de nuestra instalación fotovoltaica, de tal modo que la energía obtenida se ha llevado a cabo mediante el cálculo de la potencia máxima generada por los paneles de 1 KW_p y por cada uno de los datos climatológicos proporcionados por dicha comisión de estudios europea. A continuación, se muestran los resultados de los valores que se han obtenido y que se encuentran reflejados en la *tabla 8*. En el apartado de la estimación de la producción energética, se debe conocer:

- **Ed**: Producción eléctrica media diaria (*kWh*)
- **Em**: Producción eléctrica media mensual (*kWh*)

En la tabla posteriormente mostrada se puede comprobar que la producción anual para cada panel de 1 kW_p será de $1572,36 \text{ kWh}$, con un valor medio de producción mensual de $101,21 \text{ kWh}$ en el mes de diciembre, que se corresponde con el mes más desfavorable, alcanzando los 161 kWh en el mes de julio, donde se presenta una mayor irradiación solar.

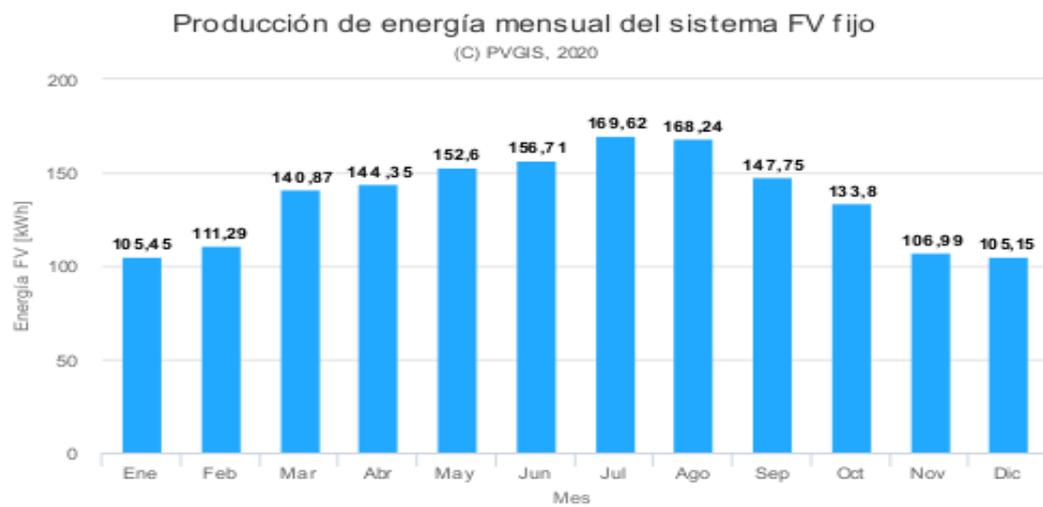
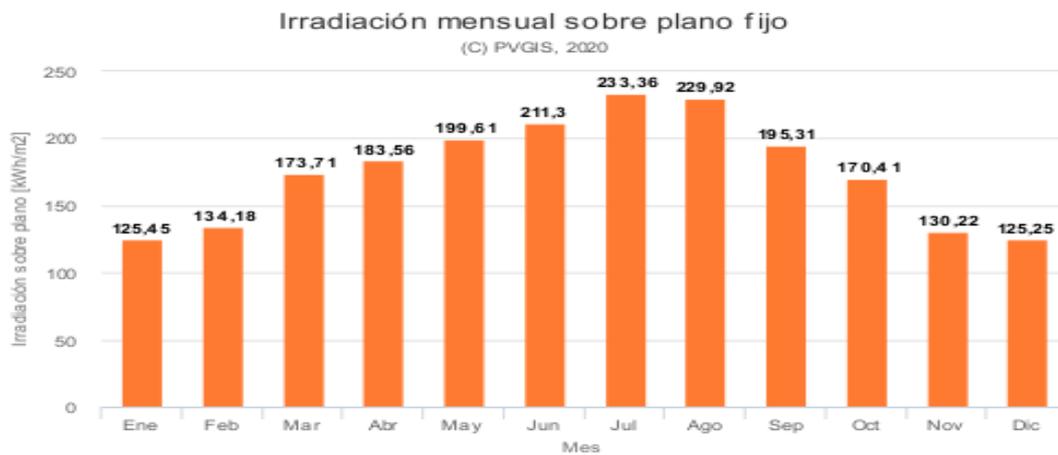
Luego, podemos estipular la producción anual de nuestra instalación fotovoltaica con conexión a red será la obtenida mediante la expresión mostrada a continuación y además considerando una eficiencia de los componentes de la instalación de $0,75$:

$$E_p = P_{pico} \cdot P_{anual} \cdot \eta = 28,3 \cdot 1572,36 \cdot 0,75 = 33373,34 \text{ kWh}$$

- Donde:
 - **Ep**: energía total producida.
 - **Ppico**: potencia de la instalación fotovoltaica.
 - **η**: rendimiento de los componentes de la planta en el lado de carga de los paneles.

Instalación fotovoltaica con conexión a red para un gimnasio

MES	<i>Ed</i>	<i>Em</i>
Enero	3,27	101,59
Febrero	3,68	106,93
Marzo	4,35	135,13
Abril	4,61	138,35
Mayo	4,71	146,27
Junio	4,99	149,78
Julio	5,20	161,29
Agosto	5,16	159,98
Septiembre	4,69	140,91
Octubre	4,13	128,09
Noviembre	3,42	102,83
Diciembre	3,26	101,21
Media anual	4,28	131,03
Total	1572,36	

Tabla 8: Estimación de la producción de la energía. Valores optimizados

Gráfico 2: Producción de energía mensual del sistema FV fijo

Gráfico 3: Irradiación de energía mensual del sistema FV fijo

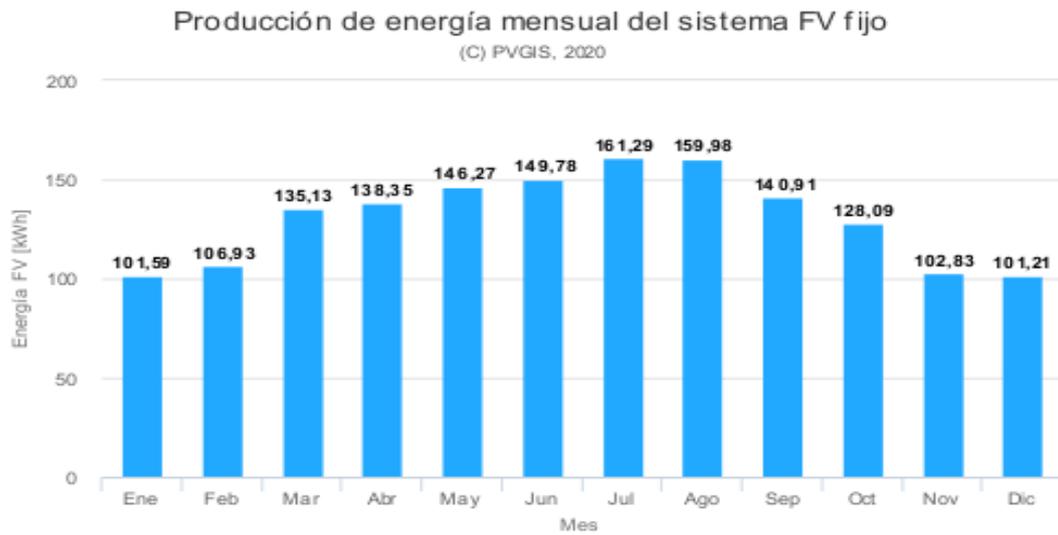


Gráfico 4: Producción de energía mensual del sistema FV fijo. Acimut

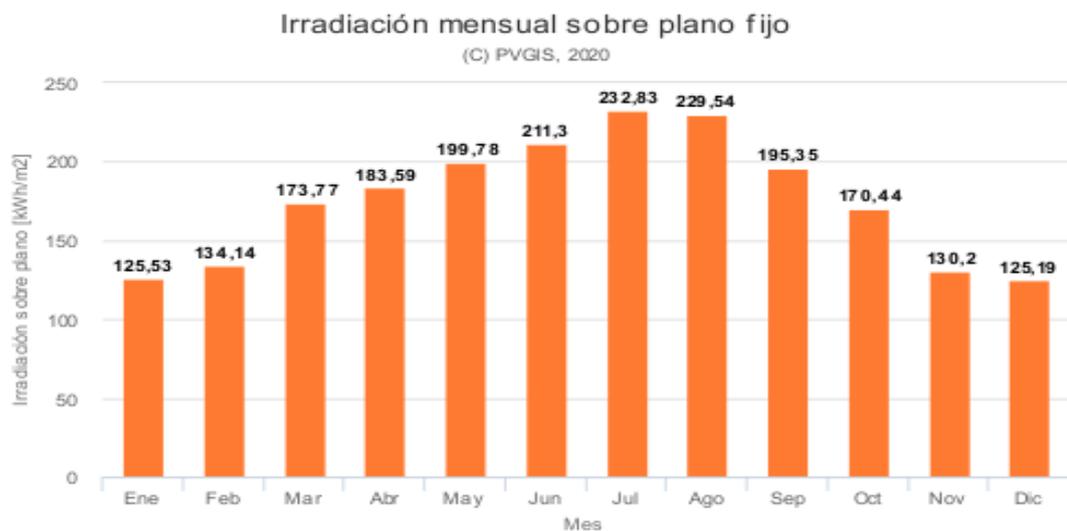


Gráfico 5: Irradiación de energía mensual del sistema FV fijo. Acimut

• **Observación:**

Los resultados reflejados en la *tabla 8* nos muestran que no conseguiremos la suficiente energía como para abastecer de forma completa y eficaz el consumo de energía eléctrica, pero esto a su vez supondrá un descenso considerable en el consumo de la red eléctrica, obteniendo un ahorro energético.

DATOS PROPORCIONADOS:

LOCALIZACIÓN [LAT/LON]:	38,995, -3,374
HORIZONTE:	Calculado
BASE DE DATOS:	PVGIS-SARAH
TECNOLOGÍA FV:	Silicio cristalino
FV INSTALADA [KWP]:	1
PERDIDAS SISTEMA [%]:	14
RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN:	
ANGULO DE INCLINACIÓN [°]:	35
ANGULO DE AZIMUT [°]:	0
PRODUCCIÓN ANUAL FV [KWH]:	1642,82
IRRADIACIÓN ANUAL [KWH/M2]:	2112,3
VARIACIÓN INTERANUAL [KWH]:	61,77
CAMBIOS EN LA PRODUCCIÓN DEBIDO A:	
ANGULO DE INCIDENCIA [%]:	-2,59
EFFECTOS ESPECTRALES [%]:	0,48
TEMPERATURA Y BAJA IRRADIANCIA [%]:	-7,6
PERDIDAS TOTALES [%]:	-22,23

Tabla 9: Datos proporcionados sobre el sistema FV fijo.
DATOS PROPORCIONADOS:

LOCALIZACIÓN [LAT/LON]:	38,995, -3,374
HORIZONTE:	Calculado
BASE DE DATOS:	PVGIS-SARAH
TECNOLOGÍA FV:	Silicio cristalino
FV INSTALADA [KWP]:	1
PERDIDAS SISTEMA [%]:	14
RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN:	
ANGULO DE INCLINACIÓN [°]:	35
ANGULO DE AZIMUT [°]:	-3
PRODUCCIÓN ANUAL FV [KWH]:	1572,36
IRRADIACIÓN ANUAL [KWH/M2]:	2111,65
VARIACIÓN INTERANUAL [KWH]:	57,25
CAMBIOS EN LA PRODUCCIÓN DEBIDO A:	
ANGULO DE INCIDENCIA [%]:	-2,58
EFFECTOS ESPECTRALES [%]:	0,48
TEMPERATURA Y BAJA IRRADIANCIA [%]:	-11,55
PERDIDAS TOTALES [%]:	-25,54

Tabla 10: Datos proporcionados sobre el sistema FV fijo. Optimizados Acimut

4.2. Placas fotovoltaicas

La instalación estará compuesta por unos paneles fotovoltaicos monocristalinos, ya que presentan una tarifa de eficacia más elevada que los de origen policristalinos y un tiempo de vida útil más prolongado que el resto de las células fotovoltaicas.

El número de paneles o células y la colocación de estos se obtiene mediante la relación existente entre la potencia máxima que presenta nuestra instalación y la potencia de los que presentan los paneles elegidos:

$$\frac{28294}{300} = 94,31 \text{ paneles}$$

En este caso, se dispondrá de un total de 95 paneles de 300 W, organizados en cinco filas de 19 paneles situados en serie cada uno de ellos. La elección del número de paneles se ha realizado con la finalidad de garantizar un óptimo funcionamiento entre paneles e inversor, como se indicará más adelante.

Las principales características de nuestros paneles vienen indicadas por el fabricante *Atersa*, y se muestran a continuación:

- **Potencia nominal, P_{MPP} :** 300 W
- **Eficiencia del módulo:** 15,42%
- **Tensión V_{MPP} :** 36,52 V
- **Intensidad I_{MPP} :** 8,21 A
- **Tensión sin carga:** 44,97 V
- **Corriente de cortocircuito I_{SC} :** 8,89 A
- **Tensión máxima:** 1000 V
- **Coefficiente de temperatura P_{MPP} :** -0,43%/°C
- **Coefficiente de temperatura U:** -0,32%/°C
- **Dimensiones:** 1965x990x40
- **Área:** 1,95 m²

Por tanto, la superficie total que han de cubrir los paneles debe ser de 1,95 x 95 ≈ 185,2 m², por lo que no se presentará ningún factor que ocasione algún tipo de problema debido principalmente a los metros de superficie que dispone nuestra nave.

En cuanto al rango de temperaturas que presupondremos oscilará entre los valores de $-13,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ (mínima temperatura histórica según *Aemet* el 3 de enero de 1970) y un valor máximo de la temperatura de $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ al sol. La temperatura notoria para las condiciones climatológicas de prueba estándar se encontrará alrededor de los $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, donde a continuación se estimará y calculará la variación de estos datos teniendo en cuenta los efectos que suponen los factores extremos. Dichos valores se obtendrán a partir de la siguiente expresión:

$$Voc(T) = Voc_{stc} - Ns \cdot \beta \cdot (25 - T_{cel})$$

- Donde:
 - β coeficiente de variación de la tensión con la temperatura y depende de la tipología del módulo fotovoltaico.
 - Ns número de células en serie del módulo.
 - Voc_{stc} voltaje en las condiciones estándar.
 - T_{cel} temperatura de la celda.

A continuación, se procederá al cálculo del valor de la tensión sin efecto de carga máxima, considerando como datos la tensión sin carga establecida por el fabricante, el coeficiente de temperatura U y la temperatura mínima de $-13,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ que hemos considerado anteriormente.

$$\text{Tensión sin carga máxima} = 44,97 + 0,32 \cdot (25 - 13,8) = 48,77\text{ V}$$

Para estimar el cálculo de la tensión mínima MPP, debemos de considerar el valor de la temperatura máxima de $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ y la tensión V_{MPP} :

$$\text{Tensión mínima MPP} = 36,52 + 0,32 \cdot (25 - 70) = 22,12\text{ V}$$

Para el cálculo de la tensión máxima MPP, consideraremos la temperatura de $-13,8\text{ }^{\circ}\text{C}$.

$$\text{Tensión máxima MPP} = 36,52 + 0,32 \cdot (25 + 13,8) = 40,10\text{ V}$$

- Las características eléctricas de cada cadena serán:
 - **Tensión MPP:** $19 \cdot 36,52 = 693,88\text{ V}$
 - **Intensidad MPP:** $8,21\text{ A}$

- **Intensidad de cortocircuito máxima:** $1,25 \cdot 8,89 = 11,11A$
- **Tensión sin carga máxima:** $19 \cdot 48,77 = 926,63 V$
- **Tensión mínima MPP:** $19 \cdot 22,12 = 420,28 V$
- **Tensión máxima MPP:** $19 \cdot 40,10 = 761,9 V$

4.3. Inversor

Un inversor con conexión a red presenta la virtud de inyectar en a la red eléctrica comercial de tipo AC, la energía que ha sido desarrollada por el trabajo del generador fotovoltaico de tipo CC, transformando la señal de salida de modo que se encuentre en perfecta armonía con la red eléctrica.

El inversor empleado para este tipo de instalación solar fotovoltaica recibe el nombre de *Inversor Fronius Symo 20.0-3-M*.

- El inversor Fronius se trata de un inversor tipo trifásico, cuya potencia nominal es de $20kW$, por lo que cumpliría con las necesidades del sistema, debido a que el valor de máxima salida del generador fotovoltaico es de $30kW$ pico, donde la tensión que se encuentra a la entrada de tipo CC presenta un rango de valores que varía entre los 420 V a 800 V y los valores de salida en AC presentan una variación comprendida entre los 400 V y 50Hz. Este inversor se encuentra adaptado para trabajar en paralelo con la red eléctrica. Los inversores Fronius Symo cumplen con las requisitos, normativas y reglamentos existentes frente a este tipo de sistemas. Fronius Symo nos permite además establecer un vínculo de conexión en la red eléctrica sin ser necesario la utilización de ningún tipo de baterías, por lo tanto, se puede garantizar que este tipo de instalaciones resultan muy económicas y rentables a largo plazo.

- Para asegurar la correcta conexión cadena-inversor se necesita comprobar que los valores de la tensión sin carga presente en los vértices de las cadenas ha de tener un valor inferior al de la tensión presente en la entrada máxima soportada por el inversor, la tensión mínima MPP de la cadena no debe ser inferior que los valores registrados de tensión mínima MPPT del inversor, la tensión máxima MPP de la cadena debe presentar valores que no superen la tensión máxima MPPT del inversor y los valores que registra la intensidad de cortocircuito máxima de la cadena deben de ser inferiores a los que presenta la intensidad de cortocircuito máxima sostenida por el inversor a la entrada:

- Tensión sin carga de la cadena frente tensión máxima soportada por el inversor:

$$926,63 V < 1000 V$$

- Tensión mínima MPP de la cadena debe ser mayor que la tensión mínima MPPT inversor:

$$420,28 V > 420 V$$

- Tensión máxima MPP de la cadena frente a tensión máxima MPPT inversor:

$$761,9 V < 800 V$$

- La intensidad de cortocircuito máxima de la cadena frente a la máxima soportada por el inversor:

$$11,11 A < 33 A$$

Una vez registrados y calculados los valores mostrados anteriormente podríamos indicar que la instalación cumple con los requisitos requerido, de forma que la elección de nuestro inversor ha sido la adecuada para la instalación fotovoltaica.

4.4. Cableado

4.4.1. Cálculos de las secciones de los conductores

Para determinar de forma reglamentaria la sección de un cable, debemos de realizar los cálculos de la sección mínima normalizada con la finalidad de amortizar de manera simultánea las condiciones que se detallan a continuación:

- Criterio de intensidad máxima admisible o de calentamiento:

Los valores registrados de la temperatura del conductor del cable, ejerciendo el trabajo a bajo condiciones de plena carga y en régimen permanente, deberá ser inferior en todo momento a los valores que registra la temperatura máxima admisible fijada en los materiales empleados para el aislamiento del cable.

Los valores que registran estas temperaturas se especifican en las normas particulares de los cables y suele presentar valores de 70°C para cables con aislamientos termoplásticos y de 90°C para cables con aislamientos termoestables.

Mediante el empleo y desarrollo del criterio de la intensidad máxima admisible podemos realizar el cálculo de la sección del cableado, produciendo así un valor del factor de corrección por agrupación de los conductores sobre la bandeja por la temperatura ambiente.

- Criterio de máxima caída de tensión:

Las pérdidas de potencia que transportan los cables son generadas principalmente por la circulación de corriente a través de los conductores, así como la disminución o caída de tensión comprendida entre las tensiones en el punto origen y en el extremo de la canalización.

La disminución de esta caída tensión ha de ser inferior a los valores límites asignados por el Reglamento en cada parte de la instalación, con la finalidad de asegurar el correcto funcionamiento de los receptores que son alimentados mediante el cableado. Este criterio ha de ser de gran relevancia e importancia cuando las líneas presentan un tiempo de vida media muy prolongado.

- Criterio de intensidad de cortocircuito:

Los valores de temperatura que puede soportar el conductor del cable, como resultado de un cortocircuito o sobreintensidad de un tiempo reducido, no deben superar los valores que registra la temperatura máxima admisible de corta duración (tiempo inferior a 5 segundos) fijada sobre los materiales utilizados para el aislamiento del cable.

La temperatura se especifica en las normas y características particulares que presentan este tipo de cables y suele ser de 160°C para cables con aislamiento termoplástico y de 250°C para cables con aislamientos termoestables.

Este criterio no presenta una determinación exacta sobre este tipo de instalaciones de baja tensión, debido a que, por otro lado, las protecciones de sobreintensidad reducen los tiempos de duración del cortocircuito, siendo estos muy breves y teniendo en cuenta que las impedancias de los cables también se limitan o reducen, hasta el punto de generar un cortocircuito limitando así la intensidad de cortocircuito.

4.4.2. Cableado de la instalación

Con relación a la parte de CC de la instalación, se procede a continuación al cálculo de la sección aplicando la siguiente expresión:

$$S = \frac{2L \cdot i_{cc}}{c \cdot u \cdot V_{mp}}$$

- Donde:

- L : Longitud del conductor.
- I_{cc} : Corriente en cortocircuito.
- C : Conductividad.
- u : Porcentaje de la caída máxima de tensión en los conductores.
- V_{MP} : Tensión máxima potencia de los paneles fotovoltaicos

Una vez obtenidos los cálculos mostrados en la ecuación anterior, pasamos al dimensionado del cableado de las ramas de módulos fotovoltaicos conectados en serie y de las ramas a las cajas de fusibles. Este dimensionado se ha llevado a cabo mediante el empleo y desarrollo, dadas las distancias, del criterio de caída de tensión máxima 2% en el tramo de CC.

Los datos obtenidos para nuestro sistema son para una longitud de 74 metros. Teniendo presente que, en condiciones normales, cada uno de los módulos genera una intensidad cercana a los valores que presenta la intensidad de cortocircuito, en nuestro caso la corriente

de cortocircuito 8,89 A, lo que nos indica que debemos de aumentar en un 25 % los valores obtenidos para dicha intensidad, debido principalmente a la acción de los valores de radiación, ya que son superiores a 1 kW/m^2 , quedando finalmente el siguiente valor:

$$I_{cc} + 25\% = 8,89 \cdot 1,25 = 11,13 \text{ A}$$

Los materiales de los cables que hemos empleados para la instalación son de cobre, ya que presenta un valor de conductividad de $56 \text{ m}/\Omega \cdot \text{m}^2$. La tensión que soporta la línea será de 40,15 V en cada uno de los paneles, lo que se traduce en un total de 763,61 V en cada línea.

- Mediante el empleo de la siguiente formula y sustituyendo los valores correspondientes, obtenemos que la sección que necesitamos es de:

$$S = \frac{2 \cdot 74 \cdot 11,13}{56 \cdot 0,015 \cdot 763,61} = 2,6 \text{ mm}^2$$

Como esperábamos, al presenta la tensión unos valores tan elevados, la sección necesaria debe tener un tamaño menor, en este caso no emplearemos la sección comercial inmediatamente superior a $2,6 \text{ mm}^2$, sino la de 6 mm^2 , debido principalmente a que, con una sección de menor tamaño, la caída de tensión será superior al 1,5 %, como se presentará en la comprobación realizada a continuación. Las líneas de paneles fotovoltaicos compuestas por 19 módulos en serie se transportarán desde el campo solar hasta el inversor, pasando por una caja de conexión.

Se empleará un cable unipolar Sumflex RVK 0,6/1 kV de 6 mm^2 , con un registro en su temperatura de servicio de -25°C a 90°C y con una capacidad de circulación de corriente en la intemperie de 53 A. La conexión entre los paneles fotovoltaicos y la caja de conexión se efectuará por medio de conectores tipo *MULTI CONTACT MC3* tanto hembras como machos. Este tipo de conectores nos permiten la conexión y desconexión rápida, segura y duradera de cada uno de las células o paneles fotovoltaicos.

La capacidad que representa el transporte de corriente a través de los cables solares de la instalación se encuentra asignada por la expresión I_z , presentando un valor de 30°C al aire libre. Teniendo en cuenta los métodos empleados en la instalación y en las condiciones de temperatura, podemos proceder a la reducción de la capacidad de transporte de corriente aplicando un factor de corrección, como se expresa a continuación:

$$I_z = 0,58 \cdot 0,9 \cdot 53 = 27,66 \text{ A}$$

Este valor de 0,58 representa el factor de corrección que presenta la instalación en la parte posterior de los paneles, donde la temperatura ambiente alcanza los 70°C y el factor 0,9 es

para la instalación de los cables solares en conductos o un sistema de canalización, ya que estos cables no pueden contener la radiación UV, por lo que para su utilización en el exterior se deben de proteger contra la radiación solar a través del empleo de conductos o canalizaciones.

Podemos comprobar, que la capacidad de transporte presenta un valor superior al de la intensidad de cortocircuito máxima de la línea, ofrecida mediante la expresión $I_z > I_b$ donde además debemos de recordar que $I_b = 11,11 A$.

Pasaremos a la verificación de que la caída de tensión en el lado de corriente continua del inversor no sobrepase el valor de 1,5 %. De modo que los valores de las longitudes son:

- **Conexión entre los paneles de la cadena L1:** 74 m.
- **Conexión entre la cadena y el cuadro de distribución L2:** 15 m.
- **Conexión entre el cuadro de distribución y el inversor L3:** 1 m.
- **Longitud total:** 26 m.

-La caída de tensión vendrá determinada mediante la siguiente expresión:

$$\Delta U\% = \frac{P_{max} \cdot (\rho_1 \cdot L_1 + \rho_2 \cdot 2 \cdot L_2 + \rho_3 \cdot 2 \cdot L_3)}{s \cdot U^2}$$

• Donde:

- $\Delta U\%$ es el porcentaje de la caída de tensión.
- P_{max} es la potencia máxima de la planta.
- ρ resistividad del cobre, siendo $0,018 \Omega \cdot mm^2 / m$, para el cuadro de distribución a $30^\circ C$ y $0,021 \Omega \cdot mm^2 / m$, para la conexión entre los paneles a una temperatura ambiente de $70^\circ C$.
- s es la sección.
- U es la tensión que suman los paneles.

$$\Delta U\% = \frac{24700 \cdot (0,021 \cdot 74 + 0,018 \cdot 2 \cdot 15 + 0,018 \cdot 2 \cdot 1)}{6 \cdot 763,61^2} = 1,5 \%$$

- Comprobamos que se cumplen los requisitos esperados.

Con relación a la parte de AC, se trabaja con los valores de línea que corresponde a la salida del inversor, mediante el criterio empleado para el dimensionado del cableado, conocidas las distancias, dicho criterio es el de caída de tensión máxima 2%. De forma análoga pasaremos a calcular también la intensidad de servicio que soportará el conductor para obtener el valor de la sección necesaria en nuestro sistema. La intensidad se obtendrá a partir de la siguiente expresión:

$$I_b = \frac{P}{V \cdot \cos\phi}$$

• Donde:

- I_b es la intensidad de servicio.
- P es la potencia que soporta la línea.
- V es el voltaje de la línea en alterna, es decir, monofásica a 230V.

La potencia máxima que suministra nuestro inversor es de 20 kW y en la hoja de características tenemos que $\cos\phi = 1$, por tanto:

$$I_b = 87,01 \text{ A}$$

Una vez conocidos los valores calculados anteriormente, se empleará un cable de 16 mm^2 ya que el valor de su intensidad en condiciones normales es de 101 A. Comprobaremos a continuación que la caída de tensión de la línea no excede el 2% mediante la expresión:

$$\% V_{Lac} = \frac{200 \cdot PLac \cdot L}{c \cdot s \cdot V^2}$$

• Donde:

- $\% V_{Lac}$ es el porcentaje de caída de tensión de la línea.
- $PLac$ es la potencia soportada por la línea.
- L es la longitud de la línea.
- c se refiere a la conductividad del cobre.
- s corresponde a la sección del conductor en mm^2 .
- V es la tensión en la línea.

Una vez conocido que el inversor puede suministrar 20kW y que la longitud del conductor a la salida del inversor es de 15 m. Procederemos al calculo de:

$$\% V_{Lac} = \frac{200 \cdot 20000 \cdot 15}{56 \cdot 16 \cdot 230^2} = 0,13\% < 2\%$$

Por tanto, al presentar un valor inferior al 2%, podemos indicar que cumple con las especificaciones requeridas. Emplearemos un tubo cuyo diámetro sea de $32mm^2$ para la instalación de este tipo de conductores, dicho diámetro es el requerido para conductores de $16mm^2$ según RBT ITC-BT 21.

4.5. Fusibles o protecciones

Para la realización y obtención de los valores de los fusibles se necesitará que nuestra instalación deba tener en cuenta tanto la acción de la tensión como de la corriente. Estos cálculos se realizarán a continuación mediante las siguientes expresiones:

- **Para la tensión:**

$$V_{DCfusible} \geq V_{OC} \cdot M \cdot 1,2$$

• Donde:

- $V_{DCfusible}$ es la tensión soportada por el fusible.
- V_{OC} es la tensión a circuito abierto de los paneles solares.
- M es el número de paneles conectados en serie

- **Para la corriente:**

$$I_{nom} \geq \frac{I_{sc} \cdot N}{A1 \cdot A2}$$

• Donde:

- I_{nom} es la corriente soportada por el fusible.
- I_{sc} es la intensidad en cortocircuito de los paneles solares.
- N es el número de filas en paralelo de los paneles solares.
- $A1$ es la constante proporcionada por el fabricante, con valor 0,8.
- $A2$ es la constante de temperatura proporcionada por el fabricante.

Para el cable de los paneles solares necesitaremos lo siguiente:

$$V_{DCfusible} \geq 44,97 \cdot 19 \cdot 1,2 = 1025 V$$

El valor de corriente obtenido es:

$$I_{nom} \geq \frac{8,89 \cdot 2}{0,8 \cdot 0,9} = 24,69 A$$

Por lo que utilizaríamos fusibles cilíndricos *DF Electric NH gPV* de 32 A y 1200 V.

• **Observación:**

Para la parte que comprende AC, necesitaremos colocar un interruptor diferencial instalado en el interior de una caja de protección. Este interruptor diferencial deberá ser de clase AC, 30 mA (valor correspondiente a su sensibilidad) y 40 A para ayudarnos a proteger la instalación de posibles contactos indirectos y sobretensiones. Por consiguiente, se realizará la instalación de un interruptor magnetotérmico con un IN comprendido dentro del rango de valores de IB y IZ , 86,95 A y 101 A respectivamente. Por tanto, escogeremos un magnetotérmico con $IN = 100 A$, que presentará una curva de tipo C.

5. Estructura y soporte

Para el mayor aprovechamiento de la radiación solar debemos de tener muy en cuenta la estructura que utilizamos para sustentar los módulos solares, de modo que tanto la estructura como la inclinación a la que situemos las placas fotovoltaicas debe ser la más adecuada posible. Estas placas deberán tener la inclinación necesaria y suficiente para alcanzar el rendimiento óptimo y para que reciban la mayor cantidad de radiación solar en el transcurso de todo el año, lo que nos supondrá un aprovechamiento a nivel energético muy importante.

Tras analizar los datos de nuestro caso, al encontrarse en la provincia de Ciudad Real, las condiciones óptimas se darán con una inclinación aproximada de unos 35° con respecto a la posición de nuestro eje horizontal (suelo). Podemos deducir que esta será la inclinación óptima de nuestro sistema ya que favorecerá una mayor producción energética durante el periodo de invierno y verano, además de ser la inclinación establecida o sugerida por el fabricante de los módulos fotovoltaicos.

5.1. Estructura y análisis

La estructura soporte empleado será construida únicamente mediante perfiles de aluminio proporcionados por la empresa *Cortizo*, ubicada en el municipio de *Manzanares*.

Estas placas tendrán unas medidas de 40x40x4 y se han calculado siguiendo el *Real Decreto 314/2006*, mediante el cual se aprueba el Código Técnico de Edificación, para poder soportar el esfuerzo de cargas externas debidas a factores climatológicos como el viento, nieve, granizo, etc.

La separación entre los módulos de aluminio y los paneles será reducida posible, ya que de esta forma se podrá ofrecer una menor resistencia antes factores como el viento o lo que denominamos como el “*efecto vela*” y cumpliendo de esta forma con el CTE.

- Para la elección del material nos hemos basado en los siguientes aspectos:
- El aluminio con una densidad de 2,7 g/cm³ es un material mucho más ligero que el hierro, hasta incluso casi tres veces más ligero.
- Al emplear este tipo de materiales reducimos las fuerzas que son ejercidas por el propio peso de la estructura soporte de los paneles sobre la edificación o estructura de la nave.
- El aluminio presenta una de las virtudes más esenciales para este tipo de instalaciones y es que al contrario que el hierro, no se oxida ni corroe con el paso del tiempo, ni por la acción de los agentes externos como puede ser la humedad, lo que se traduce en una vida media más elevada de nuestra estructura.
- El aluminio es un material que puede ser reciclado y que contribuye con los factores del cuidado medioambiental.

Tanto la estructura que hemos empleado como cada uno de sus anclajes y tornillería cumplen con cada una de las reglas establecidas en el apartado del pliego de condiciones técnicas para las instalaciones conectadas a la red, presentado por el IDEA (*Instituto para la Diversificación y Ahorra de energía*).



Ilustración 5: Estructura instalación fotovoltaica.

5.2. Tornillería

Para la consolidación de nuestra estructura, así como la unión de las diversas piezas que la componen se emplearán tornillos de acero inoxidable, ya que nos asegurará en un futuro una mayor duración ante la acción de los agentes degradantes y el menor de los mantenimientos de la estructura.

- Los elementos empleados son del siguiente tipo:
 - < Tornillo hexágono M8X20, acero inoxidable >.
 - < Tuerca moleteada M8, acero inoxidable >.
 - < Tornillo de allen M8x25, acero inoxidable >.
 - < Tuerca cuadrada M8, acero inoxidable >.
 - < Tornillo hexagonal M10x25, acero inoxidable >.
 - < Tuerca moleteada M10, acero inoxidable >.

5.3. Proceso de montaje

Sobre la cubierta de chapa galvanizada se fijarán los perfiles de aluminio tal y como se encuentra establecido mediante la *figura 6*. Mediante la utilización o empleo de los tirantes la estructura se encontrará sostenida por medio de tornillos de rosca cortante con una junta de caucho (EPDM) con la finalidad de evitar posibles filtraciones y goteras.

Todos los elementos que componen la estructura, exceptuando la fijación mediante las viguetas, permanecerán unidos mediante la utilización de tornillos galvanizados. Se permiten el empleo de tornillos cuyas dimensiones estén comprendidas por M10x25 con una tuerca de rosca modelada para permitir una mejor unión y fijación entre los elementos de aluminio, los cuales componen el triángulo de inclinación. Para la unión o sujeción de los paneles de nuestro perfil cuyas medidas son de 40x40 de dos canales, se emplearán tornillos galvanizados tipo M8x25 con cabeza allen, grover y tuerca cuadrada.

Las escuadras de nuestro panel dispondrán de dos tipos de perfiles como ya hemos mencionado con anterioridad los cuales serán de 40x40 sobre las que se podrán fijar los tonillos de sujeción que nos permitirán desplazar los paneles por el interior de las guías. Estos módulos se mantendrán fijados a cada uno de sus correspondientes soportes mediante unas piezas diseñadas específicamente denominadas "zetas" y "omegas", para marcos de 35 mm y mediante tornillos con cabeza de acero inoxidable en forma de esfera.

A continuación, se representa gráficamente la estructura que soporta los módulos solares a la estructura de nuestra nave:

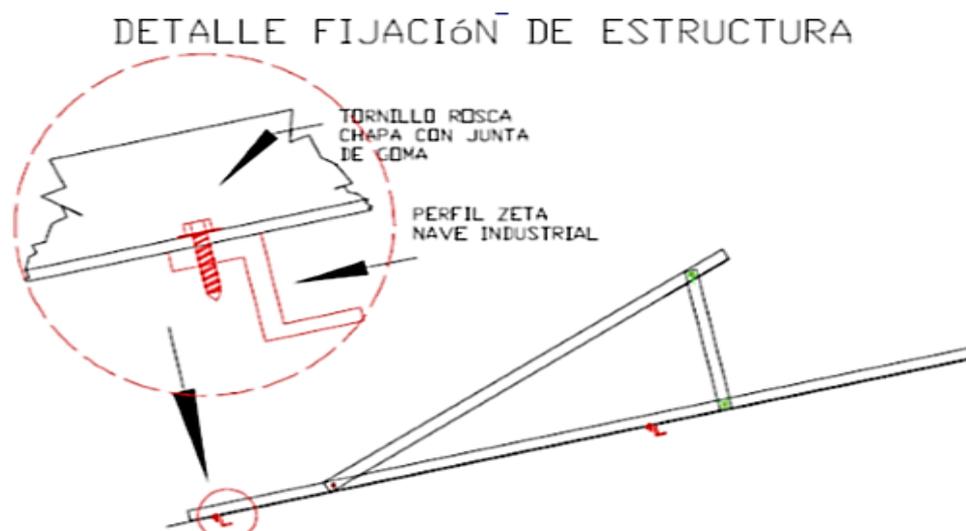


Ilustración 3: Estructura soporte módulos fotovoltaicos.

5.4. Seguridad

Para tratar de evitar los posibles casos de robo, se impondrán unas medidas de seguridad específicas, ya que las propias empresas aseguradoras en este tipo de caso no pueden hacerse cargo, debido principalmente al aumento en estos últimos años de los robos de este tipo de instrumentación. Para ello nos vemos obligados a imponer una serie de normas o medidas de seguridad propia para este tipo de sistemas.

5.4.1. Bola de seguridad

Consiste en introducir una bola de material metálico, la cual ha sido diseñada específicamente para este tipo de instalaciones y que irá introducida dentro de la cabeza de nuestro tornillo hexagonal, después de ser apretado el mismo. De esta forma la cabeza de nuestro tornillo queda totalmente tapada por la acción de la bola y por consiguiente totalmente inaccesible para cualquier tipo de llave que se utilice.

A continuación, se representa gráficamente la tipología y la instrumentación que hemos empleado para garantizar la seguridad de los paneles.

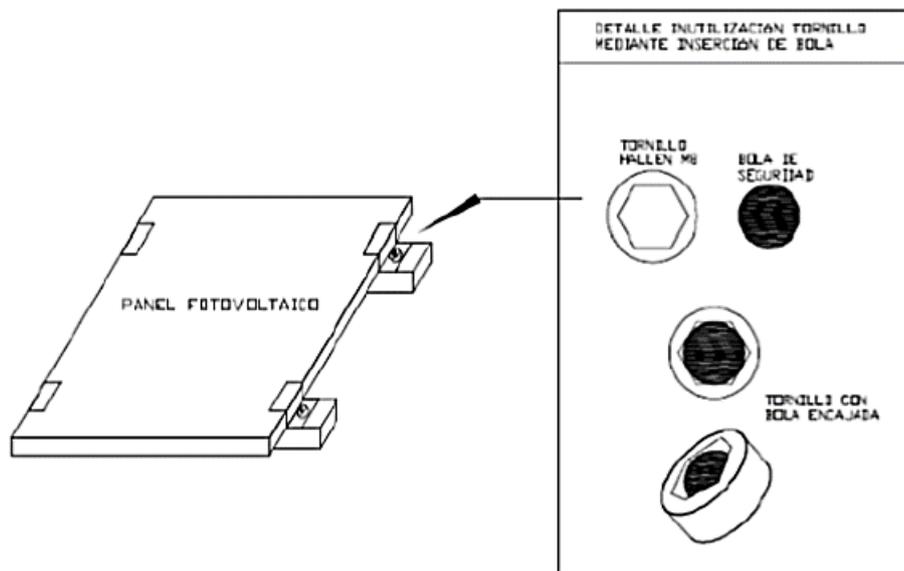


Ilustración 4: Instrumentación de seguridad para los módulos fotovoltaicos.

5.4.2. Soldaduras

El proceso de soldadura presenta la finalidad de fijar el perfil de sujeción del módulo fotovoltaico con la estructura metálica a través de un proceso de soldadura. Este proceso de unión y aplicación se realiza después de realizar el ajuste, una vez han sido apretadas cada una de sus partes y finalmente tras insertar la bola de seguridad, de modo que se coloque la soldadura entre la cabeza del tornillo y el perfil de aluminio.

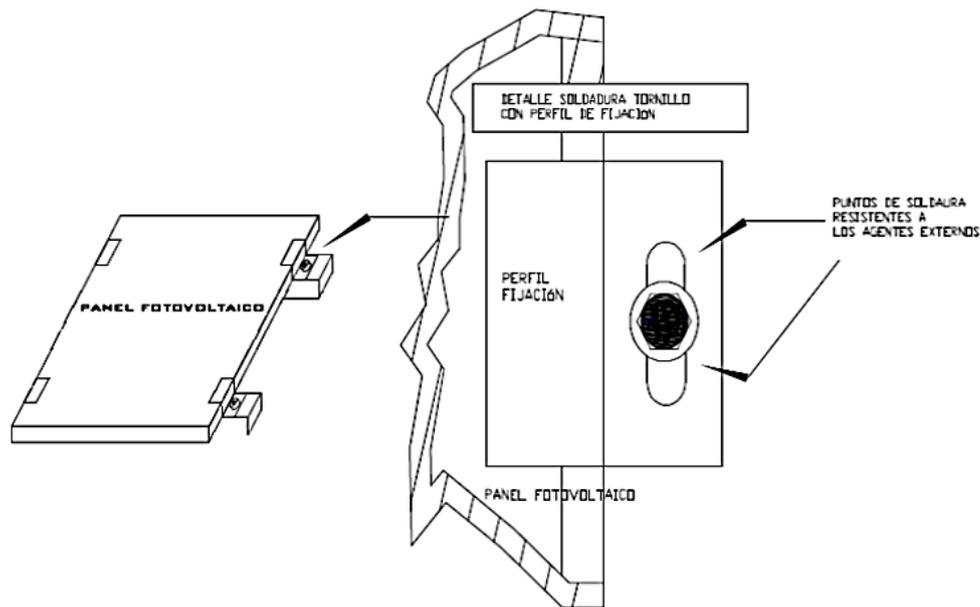


Ilustración 5: Soldadura empleada para los módulos fotovoltaicos

6. Sobrepeso de nuestra instalación.

Sobre la cubierta de nuestro tejado se situarán un total de 95 paneles fotovoltaicos contando además con su caja de protección y cableado correspondiente y necesario para nuestra instalación. Dentro de las instalaciones de nuestro gimnasio encontraremos situados en una habitación específica y diseñada para ello, el inversor y la caja general de protección, etc.

De esta forma comprobamos que el exceso de carga que tiene lugar en la instalación se encuentra determinado principalmente por el peso de los propios paneles y de su estructura soporte.

- A continuación, se expondrán en la *tabla 9 y 10* las dimensiones tanto de nuestra estructura como de nuestros paneles fotovoltaicos:

PANEL FOTOVOLTAICO ATERSA		A-300P
LARGO	(mm)	1965
ANCHO	(mm)	990
ESPESOR	(mm)	40,02
PESO	(kg)	22,52

Tabla 11: Mediciones paneles fotovoltaicos

PERFIL DE ALUMINIO		AL 6065, T5
PESO	(kg/m)	0,645

Tabla 12: Mediciones perfiles de aluminio

Hemos considerado que necesitaremos entre 6 y 7 metros de nuestro perfil de aluminio para colocar cada uno de los paneles fotovoltaicos. Por consiguiente, se efectuará el cálculo de ese exceso de carga que presenta la instalación solar y que tiene un valor de:

$$\text{Sobrepeso} = \frac{22,5 \text{ kg} + 0,645 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * 7\text{m}}{1,965 \text{ m} * 0,99 \text{ m}} = 13,89 \text{ kg/m}^2$$

El sobrepeso total que hemos obtenido en la instalación y que es igual a 14 kg/m^2 , es inferior al de 100 kg/m^2 , peso que ha de soportar estructuras con este tipo de características (accesibles solo para la conservación) como sobrecarga o sobrepeso de uso.

Por consiguiente, queda demostrado y justificada la capacidad de soporte de los elementos que componen la estructura de nuestro sistema fotovoltaico para admitir las sobrecargas añadidas que supone la instalación fotovoltaica.

7. Estudio económico

Sobre este proyecto se procederá a la realización de un estudio económico que nos permitirá establecer los criterios necesarios para la correcta ejecución y elección de materiales y así poder obtener un presupuesto acorde con las posibilidades de nuestro cliente. Mediante el *documento número 3* de nuestro proyecto, realizaremos un estudio de amortiguación y de rentabilidad fotovoltaica. Además, tendremos en cuenta el valor o peso del KWh actual y la producción de la instalación.

El estudio económico será realizado siguiendo los métodos económicos como el *Valor Actual Neto (VAN)* y la *Tasa Interna de Rentabilidad (TIR)*.

7.1. Presupuesto

El coste total de nuestra instalación ascienda hasta alcanzar los **45300,74 €**. Se deberá realizar una estimación de los años de vida media de los componentes de nuestra instalación, llegando a la conclusión de que al cabo de unos 25 años después de la realización del proyecto fotovoltaico, cada uno de los componentes deberá ser revisado y sustituido siempre que lo requiera.

Por lo tanto, se realizará el estudio de la rentabilidad de nuestro proyecto al cabo de unos 25 años, para asegurarnos de este modo que nuestra instalación sigue cumpliendo con los requisitos establecidos y por consiguiente que sea amortizada antes del cumplimiento de la vida útil de nuestros componentes.

7.2. Estudio de la rentabilidad

Como hemos mencionado con anterioridad se realizará el estudio de rentabilidad de nuestro proyecto mediante el estudio de las técnicas del Valor Neto Actual (VAN) y la Tasa Interna de Rentabilidad (TIR).

7.2.1. Valor Neto Actual (VAN)

El Valor Actual Neto se define como un proceso mediante el cual se obtiene el valor actual de un determinado número de flujos de caja futuros, causados mediante una inversión. Consiste en descontar al actual momento, a través de una tasa, los flujos de caja futuros o establecer la equivalencia en el tiempo de inicio de los flujos de efectivo futuro originados por un proyecto y realizar una comparación de los valores aportados por dicha equivalencia con los valores de la inversión realizada inicialmente.

Para este tipo de proyecto hemos considerado la inversión inicial como el capital invertido para poder abastecer el suministro eléctrico de la instalación. Por otra parte, se ha de considerar un valor de rentabilidad durante un tiempo de 25 años, la cual será calculada en función del capital ahorrado a lo largo de un año a causa de la producción y generación energética.

En nuestro sistema y por el motivo de que la producción que obtenida en nuestra instalación es de **33373,34 kWh** y dado que el valor del precio actual del kWh oscila en torno a los **0,1527 €/kWh**, dispondremos de un ahorro de energía registrado a lo largo de un año de **5096,10 €**.

Por consiguiente, y dado que el tipo de interés es del 3 %, se trata de un valor actualmente es interpretado como un valor que perjudica y presenta indicios de riesgo en inversiones bancarias.

- La expresión teórica del VAN viene representada por:

$$VAN = -D_0 + \sum_{n=0}^n \left(\frac{F_n}{(1+i)^n} \right)$$

- Donde tenemos que:

- D_0 capital invertido.
- n es el número de año.
- F es la rentabilidad anual.
- i es el interés proporcionado por dicho capital.

Una vez obtenidos los datos mencionados con anterioridad, se precede a establecer el cálculo del VAN a través de la ejecución del programa informático Excel, empleando el comando VNA (tasa; valor1; valor2), que nos permitirá obtener su valor.

Se obtiene que para realizar la inversión y teniendo en cuenta el presente ahorro de energía, necesitaremos tener un VAN de **42077,09€**, lo que se traduce en una validación del proyecto, de modo puede aceptarse, ya que el proyecto se encarga de crear dicho valor.

7.2.2. Tasa Interna de Rentabilidad (TIR)

El TIR se define como la tasa de interés o rentabilidad que se produce tras la realizar una determinada inversión. Se trata de un porcentaje de que representa la cantidad de beneficio o pérdida que presentará una inversión para las cantidades que no se han tomado en el proyecto. Se suele conceptualizar como la tasa de descuento en la que el Valor Actual Neto es igual a cero.

Mediante esta tasa podemos calcular, obtener y deducir si nuestro proyecto ha sido rentable, siendo directamente proporcional debido a que, cuanto más grande sea el valor, mayor será rentabilidad. Una vez obtenido el resultado anterior del VAN, en el cálculo del TIR se obtiene un valor con un porcentaje positivo, lo que nos permite asegurar y garantiza que la instalación no presente pérdidas y se obtenga una notable rentabilidad.

Para la realización de este cálculo, emplearemos el mismo criterio que el desarrollado anteriormente, es decir, de forma análoga al apartado anterior con la finalidad de garantizar y facilitar los cálculos empleando como herramienta de ayuda el comando TIR (valores) del programa informático Excel, donde obtenemos un interés del 10 %.

7.2.3. Cálculo del PAYBACK

Una vez conocidos los valores VAN y TIR, presenta gran interés conocer el estudio de retorno de la inversión, también denominado como “payback”. Se trata de un proceso muy simple, ya que es se trata de contar la cantidad económica o coste a pagar anualmente a la compañía eléctrica suministradora en caso de no haber llevado a cabo la construcción de la instalación

fotovoltaica, lo que supondría gran cantidad de pérdidas y donde no tendría lugar un desembolso inicial, frente al cálculo a lo largo de un año del beneficio que se aporta tras no realizar los pagos a la suministradora, lo que se traduce en beneficios, teniendo en este caso un desembolso inicial.

En este proyecto, por el motivo de que la producción de la energía eléctrica de la instalación fotovoltaica no complementa el consumo de la energía eléctrica, no existe un beneficio económico como tal, pero si que es posible conocer el año en la que ambas alternativas se asemejan al gasto total eléctrico y además también se puede conocer el ahorro que supone la ejecución de desarrollo de la instalación en un periodo de tiempo de 25 años.

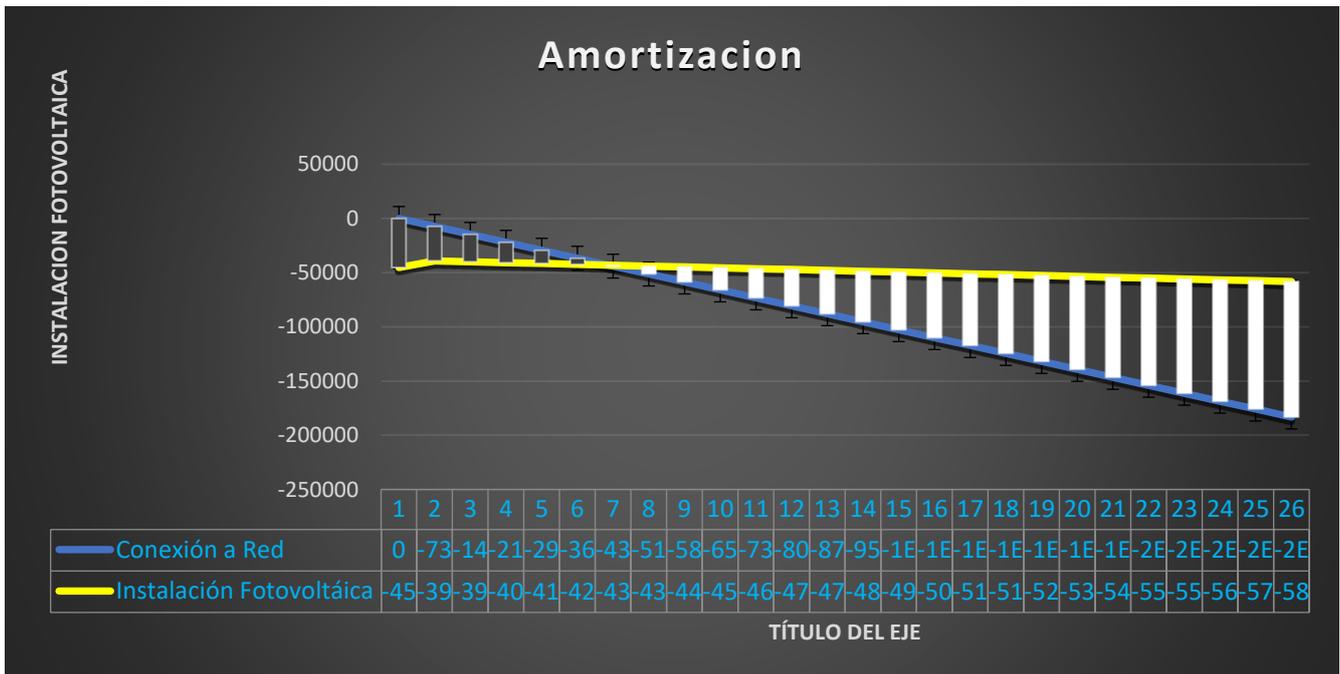


Gráfico 2: Gráfico de Amortización

- **Observación:**

Mediante los cálculos efectuados anteriormente, la instalación debe presentar un consumo de **47988,51 kWh** anuales, lo que se traduce, estimando un valor de **0,1527€ el kWh**, de unos **7327,84 €** por año. Además, a través del empleo de las placas fotovoltaicas obtendremos un ahorro energético de **5096,1 €**, lo que se traduce en un gasto anual de **2231,74 €**.

CALCULO PAYBACK		
Año	Conexión a Red	Instalación Fotovoltaica
0	0	-45399,74
1	-7327,84	-39192,61
2	-14655,68	-39985,5
3	-21983,52	-40778,39
4	-29311,36	-41571,28
5	-36639,2	-42364,17
6	-43967,04	-43157,06
7	-51294,88	-43949,95
8	-58622,72	-44742,84
9	-65950,56	-45535,73
10	-73278,4	-46328,62
11	-80606,24	-47121,51
12	-87934,08	-47914,4
13	-95261,92	-48707,29
14	-102589,76	-49500,18
15	-109917,6	-50293,07
16	-117245,44	-51085,96
17	-124573,28	-51878,85
18	-131901,12	-52671,74
19	-139228,96	-53464,63
20	-146556,8	-54257,52
21	-153884,64	-55050,41
22	-161212,48	-55843,3
23	-168540,32	-56636,19
24	-175868,16	-57429,08
25	-183196	-58221,97

Tabla 17: Amortización de instalación fotovoltaica

- **Observación:**

Como la instalación no supe totalmente al consumo, pasamos de pagar **7327,84 €** anuales a **2231,74 €**, lo que supone un ahorro notable.

Como se puede comprobar mediante la tables realizadas anteriormente, a partir del año 12 y 13 el gasto energético, sin haber realizado la instalación, es igual o muy aproximado al gasto de la instalación con su correspondiente la cantidad aportada inicialmente. Podemos ver que entre el año 24 y 25 existe una diferencia notable. Aquí no se ha introducido los valores correspondientes al mantenimiento, al cambio de elementos, lo que supone que el ahorro energético sea inferior. Por otra parte, se ha tenido presente que la instalación no presente únicamente un periodo de 25 años de vida útil, sino que con un funcionamiento y un mantenimiento adecuado podría alargarse hasta los 40 años, traduciéndose en un ahorro energético notable.

8. Conclusiones

Como conclusión del proyecto presente hay que indicar que el tipo de instalaciones que hemos empleado resulta en su gran medida de los casos, muy rentable, debido principalmente a la cantidad de ahorro energético y a los años de vida útil del proyecto.

Tanto la estimación como el consumo de nuestro gimnasio se habrán estimado de forma análoga a los cálculos que hemos realizado en este documento. Indicar, que los cálculos eléctricos y de materiales se han estimado en base a las necesidades de nuestro cliente. Además, se calcula que aproximadamente el desarrollo y la vida media de nuestro proyecto se encuentra estimada en unos 40 años, siempre y cuando se realice el mantenimiento requerido en este tipo de instalaciones.

La influencia del *impuesto de sol* es hoy uno de los puntos a cumplir por toda instalación eléctrica, ya que es la obligación de todo consumidor que tenga una instalación fotovoltaica de autoconsumo conectada a red debe de contribuir con el pago y el mantenimiento de la red.

Las energías renovables y la reducción de los gases contaminantes que son emitidos por los sistemas convencionales están cambiando, ya que los pequeños consumidores ven más factible este tipo de suministro de energía, que, en cierto modo, es energía creada y almacenada por el propio usuario, reduciendo de esta forma sus costes y alarga la vida media del producto.

Las energías renovables luchan por un futuro energético lo más productivo y cómodo posible para su consumo, consiguiendo generar energía sostenible y de calidad, evitando las contaminaciones en los sistemas y en la red eléctrica.

9. Bibliografía

- (Plantas fotovoltaicas, 2019) Cuaderno de aplicaciones técnicas nº10. Plantas fotovoltaicas. Anexo C.
- (Energía solar , 2020). Instalaciones FV con conexión a red.
- (Wccsolar. Fusibles , s.f.). Protectores solares para tu instalación FV.
- (Atersa, s.f.). Paneles solares fotovoltaicos con conexión a red eléctrica.
- (Atersa, Productos y servicios. Modulo FV, s.f.)
- (IDEA, s.f.). Ministerio para la transición económica y el reto demográfico. Ahorro de energía.
- (Energíaysociedad, s.f.). Las claves para el sector energético.
- (electronico, s.f.). Apuntes de Electromedicina.
- (Reglamentos de lineas de alta tension y sus fundamentos tecnicos)
- (Montaje eléctrico y electrónico en instalaciones solares-fotovoltaicas)
- (España, s.f.). Tarifas de luz y gas. Consumo eléctrico. Consulta de precio.
- (Atersa, Atersa. Productos y servicios., s.f.).
- (JRC, s.f.). Información de los sistemas fotovoltaicos conectados a red en función de su localización geográfica. PVP

Anexo nº1:
Características técnicas del inversor
Ficha técnica

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging



SHIFTING THE LIMITS

FRONIUS SYMO

/ Máxima flexibilidad para las aplicaciones del futuro


 / Tecnología
SnapInverter

 / Comunicación
de datos integrada

 / Diseño
SuperFlex

 / Seguimiento
inteligente MPPT

 / Smart Grid
Ready


/ Inyección cero



/ Con un rango de potencia nominal entre 3,0 y 20,0 kW, el Fronius Symo es el inversor trifásico sin transformador para todo tipo de instalaciones. Gracias a su flexible diseño, el Fronius Symo es perfecto para instalaciones en superficies irregulares o para tejados con varias orientaciones. La conexión a Internet a través de WLAN o Ethernet y la facilidad de integración de componentes de otros fabricantes hacen del Fronius Symo uno de los inversores con mayor flexibilidad en comunicaciones en el mercado. El inversor Fronius Symo puede completarse de manera opcional con un Fronius Smart Meter, que es un equipo que envía la información más completa al sistema de monitorización, consiguiendo además, que el inversor no incluya energía a la red eléctrica.

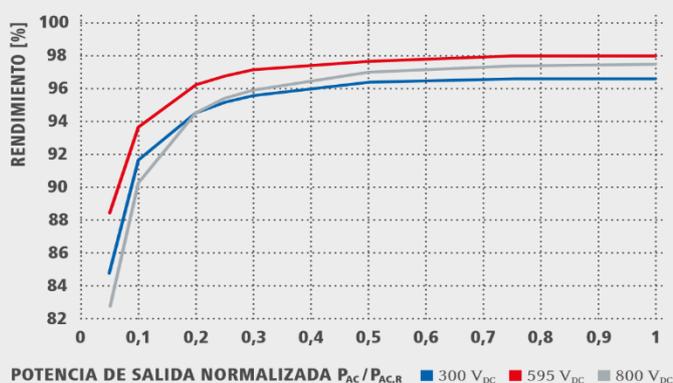
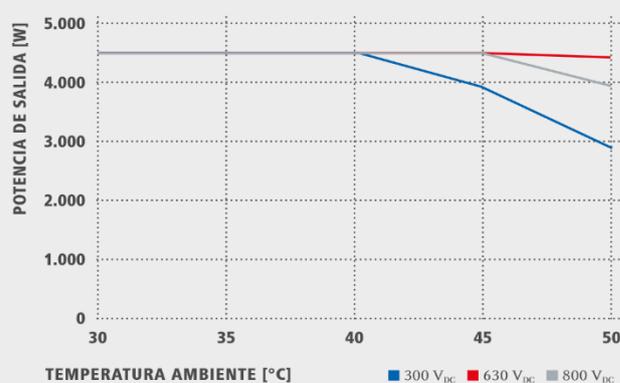
DATOS TÉCNICOS FRONIUS SYMO (3.0-3-S, 3.7-3-S, 4.5-3-S, 3.0-3-M, 3.7-3-M, 4.5-3-M)

DATOS DE ENTRADA	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
Máxima corriente de entrada ($I_{dc\ máx. 1} / I_{dc\ máx. 2}^{31}$)			16 A / 16 A			
Máx. corriente de cortocircuito por serie FV (MPP ₁ /MPP ₂ ³¹)			24 A / 24 A			
Mínima tensión de entrada ($U_{dc\ mín.}$)			150 V			
Tensión CC mínima de puesta en servicio ($U_{dc\ arranque}$)			200 V			
Tensión de entrada nominal ($U_{dc,r}$)			595 V			
Máxima tensión de entrada ($U_{dc\ máx.}$)			1.000 V			
Rango de tensión MPP ($U_{mpp\ mín.} - U_{mpp\ máx.}$)	200 - 800 V	250 - 800 V	300 - 800 V		150 - 800 V	
Número de seguidores MPP		1			2	
Número de entradas CC		3			2+2	
Máxima salida del generador FV ($P_{dc\ máx.}$)	6,0kW pico	7,4kW pico	9,0kW pico	6,0kW pico	7,4kW pico	9,0kW pico
DATOS DE SALIDA	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
Potencia nominal CA ($P_{ac,r}$)	3.000 W	3.700 W	4.500 W	3.000 W	3.700 W	4.500 W
Máxima potencia de salida	3.000 VA	3.700 VA	4.500 VA	3.000 VA	3.700 VA	4.500 VA
Máxima corriente de salida ($I_{ac\ máx.}$)	4,3 A	5,3 A	6,5 A	4,3 A	5,3 A	6,5 A
Acoplamiento a la red (rango de tensión)	3-NPE 400 V / 230 V o 3-NPE 380 V / 220 V (+20 % / -30 %)					
Frecuencia (rango de frecuencia)	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)					
Coefficiente de distorsión no lineal	< 3 %					
Factor de potencia ($\cos \varphi_{ac,r}$)	0,70 - 1 ind. / cap.			0,85 - 1 ind. / cap.		
DATOS GENERALES	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)	645 x 431 x 204 mm					
Peso	16,0 kg			19,9 kg		
Tipo de protección	IP 65					
Clase de protección	1					
Categoría de sobretensión (CC / CA) ²¹	2 / 3					
Consumo nocturno	< 1 W					
Concepto de inversor	Sin Transformador					
Refrigeración	Refrigeración de aire regulada					
Instalación	Instalación interior y exterior					
Margen de temperatura ambiente	-25 - +60 °C					
Humedad de aire admisible	0 - 100 %					
Máxima altitud	2.000 m / 3.400 m (rango de tensión sin restricciones / con restricciones)					
Tecnología de conexión CC	3 x CC+ y 3 x CC bornes roscados 2,5 - 16 mm ²			4 x CC+ y 4 x CC bornes roscados 2,5 - 16mm ² ³¹		
Tecnología de conexión principal	5 polos CA bornes roscados 2,5 - 16 mm ²			5 polos CA bornes roscados 2,5 - 16mm ² ³¹		
Certificados y cumplimiento de normas	ÖVE / ÖNORM E 8001-4712, DIN V VDE 0126-1-1/A1, VDE AR N 4105, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 3100, AS 4777-2, AS 4777-3, CER 06-190, G83/2, UNE 206007-1, SI 4777 ¹⁾ , CEI 0-21 ¹⁾ , NRS 097					

¹⁾ Esto se aplica a Fronius Symo 3.0-3-M, 3.7-3-M y 4.5-3-M.

²⁾ De acuerdo con IEC 62109-1.

³⁾ 16 mm² sin necesidad de terminales de conexión. Más información sobre la disponibilidad de inversores en su país en www.fronius.es.

CURVA DE RENDIMIENTO FRONIUS SYMO 4.5-3-S

REDUCCIÓN DE TEMPERATURA FRONIUS SYMO 4.5-3-S

DATOS TÉCNICOS FRONIUS SYMO (3.0-3-S, 3.7-3-S, 4.5-3-S, 3.0-3-M, 3.7-3-M, 4.5-3-M)

RENDIMIENTO	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
Máximo rendimiento	98,0 %					
Rendimiento europeo (η_{EU})	96,2 %	96,7 %	97,0 %	96,5 %	96,9 %	97,2 %
η con 5 % $P_{AC,R}^{1)}$	80,3 / 83,6 / 79,1 %	83,4 / 86,4 / 80,6 %	84,8 / 88,5 / 82,8 %	79,8 / 85,1 / 80,8 %	81,6 / 87,8 / 82,8 %	83,4 / 90,3 / 85,0 %
η con 10 % $P_{AC,R}^{1)}$	87,8 / 91,0 / 86,2 %	90,1 / 92,5 / 88,7 %	91,7 / 93,7 / 90,3 %	86,5 / 91,6 / 87,7 %	87,9 / 93,6 / 90,5 %	89,2 / 94,1 / 91,2 %
η con 20 % $P_{AC,R}^{1)}$	92,6 / 95,0 / 92,6 %	93,7 / 95,7 / 93,6 %	94,6 / 96,3 / 94,5 %	90,8 / 95,3 / 93,0 %	91,9 / 96,0 / 94,1 %	92,8 / 96,5 / 95,1 %
η con 25 % $P_{AC,R}^{1)}$	93,4 / 95,6 / 93,8 %	94,5 / 96,4 / 94,7 %	95,2 / 96,8 / 95,4 %	91,9 / 96,0 / 94,2 %	92,9 / 96,6 / 95,2 %	93,5 / 97,0 / 95,8 %
η con 30 % $P_{AC,R}^{1)}$	94,0 / 96,3 / 94,5 %	95,0 / 96,7 / 95,4 %	95,6 / 97,2 / 95,9 %	92,8 / 96,5 / 95,1 %	93,5 / 97,0 / 95,8 %	94,2 / 97,3 / 96,3 %
η con 50 % $P_{AC,R}^{1)}$	95,2 / 97,3 / 96,3 %	96,9 / 97,6 / 96,7 %	96,4 / 97,7 / 97,0 %	94,3 / 97,5 / 96,5 %	94,6 / 97,7 / 96,8 %	94,9 / 97,8 / 97,2 %
η con 75 % $P_{AC,R}^{1)}$	95,6 / 97,7 / 97,0 %	96,2 / 97,8 / 97,3 %	96,6 / 98,0 / 97,4 %	94,9 / 97,8 / 97,2 %	95,0 / 97,9 / 97,4 %	95,1 / 98,0 / 97,5 %
η con 100 % $P_{AC,R}^{1)}$	95,6 / 97,9 / 97,3 %	96,2 / 98,0 / 97,5 %	96,6 / 98,0 / 97,5 %	95,0 / 98,0 / 97,4 %	95,1 / 98,0 / 97,5 %	95,0 / 98,0 / 97,6 %
Rendimiento de adaptación MPP	> 99,9 %					

¹⁾ Y con $U_{mpp\ min.} / U_{dc,r} / U_{mpp\ max.}$

EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
Medición del aislamiento CC	Sí					
Comportamiento de sobrecarga	Desplazamiento del punto de trabajo, limitación de potencia					
Seccionador CC	Sí					
Protección contra polaridad inversa	Sí					

INTERFACES	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
WLAN / Ethernet LAN	Fronius Solar.web, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)					
6 inputs digitales y 4 inputs/outputs digitales	Interface receptor del control de onda					
USB (Conector A) ²⁾	Datalogging, actualización de inversores vía USB					
2 conectores RJ 45 (RS422) ²⁾	Fronius Solar Net					
Salida de aviso ²⁾	Gestión de la energía (salida de relé libre de potencial)					
Datalogger y Servidor web	Incluido					
Input externo ²⁾	Interface S0-Meter / Input para la protección contra sobretensión					
RS485	Modbus RTU SunSpec o conexión del contador					

²⁾ También disponible en la versión light.

DATOS TÉCNICOS FRONIUS SYMO (5.0-3-M, 6.0-3-M, 7.0-3-M, 8.2-3-M)

DATOS DE ENTRADA	SYMO 5.0-3-M	SYMO 6.0-3-M	SYMO 7.0-3-M	SYMO 8.2-3-M
Máxima corriente de entrada ($I_{dc\ máx. 1} / I_{dc\ máx. 2}$)			16 A / 16 A	
Máxima corriente de cortocircuito por serie FV (MPP1/MPP2)			24 A / 24 A	
Mínima tensión de entrada ($U_{dc\ mín.}$)			150 V	
Tensión CC mínima de puesta en servicio ($U_{dc\ arranque}$)			200 V	
Tensión de entrada nominal ($U_{dc,r}$)			595 V	
Máxima tensión de entrada ($U_{dc\ máx.}$)			1.000 V	
Rango de tensión MPP ($U_{mpp\ mín.} - U_{mpp\ máx.}$)	163 - 800 V	195 - 800 V	228 - 800 V	267 - 800 V
Número de seguidores MPP			2	
Número de entradas CC			2 + 2	
Máxima salida del generador FV ($P_{dc\ máx.}$)	10,0kW pico	12,0kW pico	14,0kW pico	16,4kW pico

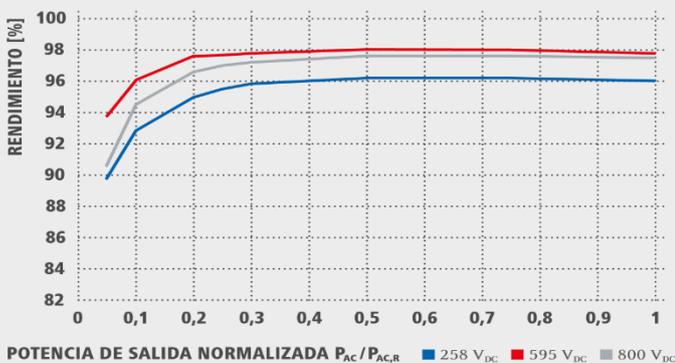
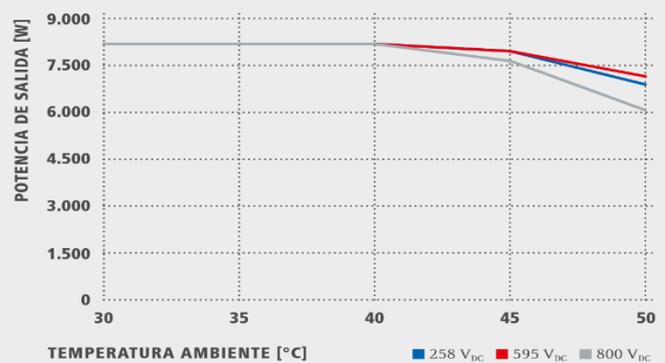
DATOS DE SALIDA	SYMO 5.0-3-M	SYMO 6.0-3-M	SYMO 7.0-3-M	SYMO 8.2-3-M
Potencia nominal CA ($P_{ac,r}$)	5.000 W	6.000 W	7.000 W	8.200 W
Máxima potencia de salida	5.000 VA	6.000 VA	7.000 VA	8.200 VA
Máxima corriente de salida ($I_{ac\ máx.}$)	7,2 A	8,7 A	10,1 A	11,8 A
Acoplamiento a la red (rango de tensión)		3-NPE 400 V / 230 V o 3-NPE 380 V / 220 V (+20 % / -30 %)		
Frecuencia (rango de frecuencia)		50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)		
Coefficiente de distorsión no lineal		< 3 %		
Factor de potencia ($\cos \varphi_{ac,r}$)		0,85 - 1 ind. / cap.		

DATOS GENERALES	SYMO 5.0-3-M	SYMO 6.0-3-M	SYMO 7.0-3-M	SYMO 8.2-3-M
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)		645 x 431 x 204 mm		
Peso	19,9 kg			21,9 kg
Tipo de protección		IP 65		
Clase de protección		1		
Categoría de sobretensión (CC / CA) ¹⁾		2 / 3		
Consumo nocturno		< 1 W		
Concepto de inversor		Sin Transformador		
Refrigeración		Refrigeración de aire regulada		
Instalación		Instalación interior y exterior		
Margen de temperatura ambiente		-25 - +60 °C		
Humedad de aire admisible		0 - 100 %		
Máxima altitud		2.000 m / 3.400 m (rango de tensión sin restricciones / con restricciones)		
Tecnología de conexión CC		4 x CC+ y 4 x CC bornes roscados 2,5 - 16mm ²⁾		
Tecnología de conexión principal		5 polos CA bornes roscados 2,5 - 16mm ²⁾		
Certificados y cumplimiento de normas		ÖVE / ÖNORM E 8001-4-712, DIN V VDE 0126-1-1/A1, VDE AR N 4105, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 3100, AS 4777-2, AS 4777-3, CER 06-190, G83/2, UNE 206007-1, SI 4777, CEI 0-21, NRS 097		

¹⁾ De acuerdo con IEC 62109-1.

²⁾ 16 mm² sin necesidad de terminales de conexión.

 Más información sobre la disponibilidad de inversores en su país en www.fronius.es.

CURVA DE RENDIMIENTO FRONIUS SYMO 8.2-3-M

REDUCCIÓN DE TEMPERATURA FRONIUS SYMO 8.2-3-M

DATOS TÉCNICOS FRONIUS SYMO (5.0-3-M, 6.0-3-M, 7.0-3-M, 8.2-3-M)

RENDIMIENTO	SYMO 5.0-3-M	SYMO 6.0-3-M	SYMO 7.0-3-M	SYMO 8.2-3-M
Máximo rendimiento	98,0 %			
Rendimiento europeo (η_{EU})	97,3 %	97,5 %	97,6 %	97,7 %
η con 5 % $P_{AC,r}$ ¹⁾	84,9 / 91,2 / 85,9 %	87,8 / 92,6 / 87,8 %	88,7 / 93,1 / 89,0 %	89,8 / 93,8 / 90,6 %
η con 10 % $P_{AC,r}$ ¹⁾	89,9 / 94,6 / 91,7 %	91,3 / 95,6 / 93,0 %	92,0 / 95,9 / 94,7 %	92,8 / 96,1 / 94,5 %
η con 20 % $P_{AC,r}$ ¹⁾	93,2 / 96,7 / 95,4 %	94,1 / 97,1 / 95,9 %	94,5 / 97,3 / 96,3 %	95,0 / 97,6 / 96,6 %
η con 25 % $P_{AC,r}$ ¹⁾	93,9 / 97,2 / 96,0 %	94,7 / 97,5 / 96,5 %	95,1 / 97,6 / 96,7 %	95,5 / 97,7 / 97,0 %
η con 30 % $P_{AC,r}$ ¹⁾	94,5 / 97,4 / 96,5 %	95,1 / 97,7 / 96,8 %	95,4 / 97,7 / 97,0 %	95,8 / 97,8 / 97,2 %
η con 50 % $P_{AC,r}$ ¹⁾	95,2 / 97,9 / 97,3 %	95,7 / 98,0 / 97,5 %	95,9 / 98,0 / 97,5 %	96,2 / 98,0 / 97,6 %
η con 75 % $P_{AC,r}$ ¹⁾	95,3 / 98,0 / 97,5 %	95,7 / 98,0 / 97,6 %	95,9 / 98,0 / 97,6 %	96,2 / 98,0 / 97,6 %
η con 100 % $P_{AC,r}$ ¹⁾	95,2 / 98,0 / 97,6 %	95,7 / 97,9 / 97,6 %	95,8 / 97,9 / 97,5 %	96,0 / 97,8 / 97,5 %
Rendimiento de adaptación MPP	> 99,9 %			

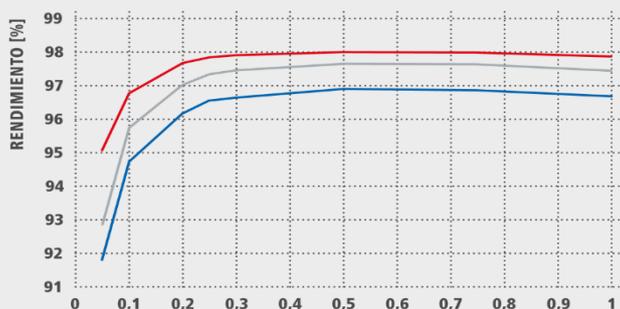
¹⁾ Y con U_{MPP} mín. / $U_{DC,r}$ / U_{MPP} máx.

EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD	SYMO 5.0-3-M	SYMO 6.0-3-M	SYMO 7.0-3-M	SYMO 8.2-3-M
Medición del aislamiento CC	Sí			
Comportamiento de sobrecarga	Desplazamiento del punto de trabajo, limitación de potencia			
Seccionador CC	Sí			
Protección contra polaridad inversa	Sí			

INTERFACES	SYMO 5.0-3-M	SYMO 6.0-3-M	SYMO 7.0-3-M	SYMO 8.2-3-M
WLAN / Ethernet LAN	Fronius Solar.web, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)			
6 inputs digitales y 4 inputs/outputs digitales	Interface receptor del control de onda			
USB (Conector A) ²⁾	Datalogging, actualización de inversores vía USB			
2 conectores RJ 45 (RS422) ²⁾	Fronius Solar Net			
Salida de aviso ²⁾	Gestión de la energía (salida de relé libre de potencial)			
Datalogger y Servidor web	Incluido			
Input externo ²⁾	Interface S0-Meter / Input para la protección contra sobretensión			
RS485	Modbus RTU SunSpec o conexión del contador			

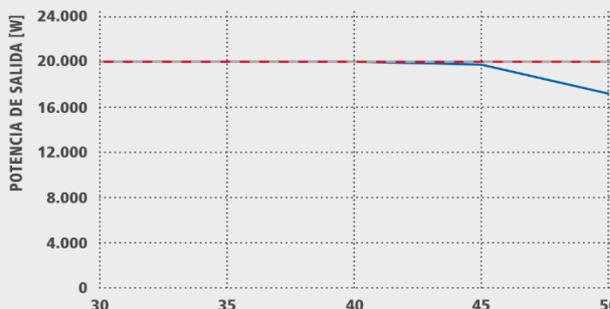
²⁾ También disponible en la versión light.

CURVA DE RENDIMIENTO FRONIUS SYMO 20.0-3-M



POTENCIA DE SALIDA NORMALIZADA $P_{AC}/P_{AC,r}$ ■ 420 V_{DC} ■ 600 V_{DC} ■ 800 V_{DC}

REDUCCIÓN DE TEMPERATURA FRONIUS SYMO 20.0-3-M



TEMPERATURA AMBIENTE [°C] ■ 420 V_{DC} ■ 600 V_{DC} ■ 800 V_{DC}

DATOS TÉCNICOS FRONIUS SYMO (10.0-3-M, 12.5-3-M, 15.0-3-M, 17.5-3-M, 20.0-3-M)

RENDIMIENTO	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Máximo rendimiento	98,0 %				
Rendimiento europeo (η_{EU})	97,4%	97,6 %	97,8 %	97,8 %	97,9 %
η con 5 % $P_{ac,r}$ ¹⁾	87,9 / 92,5 / 89,2 %	88,7 / 93,1 / 90,1 %	91,2 / 94,8 / 92,3 %	91,6 / 95,0 / 92,7 %	91,9 / 95,2 / 93,0 %
η con 10 % $P_{ac,r}$ ¹⁾	91,2 / 94,9 / 92,8 %	92,9 / 96,1 / 94,6 %	93,4 / 96,0 / 94,4 %	94,0 / 96,4 / 95,0 %	94,8 / 96,9 / 95,8 %
η con 20 % $P_{ac,r}$ ¹⁾	94,6 / 97,1 / 96,1 %	95,4 / 97,3 / 96,6 %	95,9 / 97,4 / 96,7 %	96,1 / 97,6 / 96,9 %	96,3 / 97,8 / 97,1 %
η con 25 % $P_{ac,r}$ ¹⁾	95,4 / 97,3 / 96,6 %	95,6 / 97,6 / 97,0 %	96,2 / 97,6 / 97,0 %	96,4 / 97,8 / 97,2 %	96,7 / 97,9 / 97,4 %
η con 30 % $P_{ac,r}$ ¹⁾	95,6 / 97,5 / 96,9 %	95,9 / 97,7 / 97,2 %	96,5 / 97,8 / 97,3 %	96,6 / 97,9 / 97,4 %	96,8 / 98,0 / 97,6 %
η con 50 % $P_{ac,r}$ ¹⁾	96,3 / 97,9 / 97,4 %	96,4 / 98,0 / 97,5 %	96,9 / 98,1 / 97,7 %	97,0 / 98,1 / 97,7 %	97,0 / 98,1 / 97,8 %
η con 75 % $P_{ac,r}$ ¹⁾	96,5 / 98,0 / 97,6 %	96,5 / 98,0 / 97,6 %	97,0 / 98,1 / 97,8 %	97,0 / 98,1 / 97,8 %	97,0 / 98,1 / 97,7 %
η con 100 % $P_{ac,r}$ ¹⁾	96,5 / 98,0 / 97,6 %	96,5 / 97,8 / 97,6 %	97,0 / 98,1 / 97,7 %	96,9 / 98,1 / 97,6 %	96,8 / 98,0 / 97,6 %
Rendimiento de adaptación MPP	> 99,9 %				

EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Medición del aislamiento CC	Sí				
Comportamiento de sobrecarga	Desplazamiento del punto de trabajo, limitación de potencia				
Seccionador CC	Sí				
Protección contra polaridad inversa	Sí				

INTERFACES	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
WLAN / Ethernet LAN	Fronius Solar.web, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)				
6 inputs digitales y 4 inputs/outputs digitales	Interface receptor del control de onda				
USB (Conector A) ²⁾	Datalogging, actualización de inversores vía USB				
2 conectores RJ 45 (RS422) ²⁾	Fronius Solar Net				
Salida de aviso ²⁾	Gestión de la energía (salida de relé libre de potencial)				
Datalogger y Servidor web	Incluido				
Input externo ²⁾	Interface SO-Meter / Input para la protección contra sobretensión				
RS485	Modbus RTU SunSpec o conexión del contador				

¹⁾ Y con $U_{mpp\ min.} / U_{dc,r} / U_{mpp\ max.}$ ²⁾ También disponible en la versión light.

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

SOMOS TRES DIVISIONES CON UNA MISMA PASIÓN: SUPERAR LÍMITES.

/ No importa si se trata de tecnología de soldadura, energía fotovoltaica o tecnología de carga de baterías, nuestra exigencia está claramente definida: ser líder en innovación. Con nuestros más de 3.000 empleados en todo el mundo superamos los límites y nuestras más de 1.000 patentes concedidas son la mejor prueba. Otros se desarrollan paso a paso. Nosotros siempre damos saltos de gigante. Siempre ha sido así. El uso responsable de nuestros recursos constituye la base de nuestra actitud empresarial.

Para obtener información más detallada sobre todos los productos de Fronius y nuestros distribuidores y representantes en todo el mundo visite www.fronius.com

v04 Nov 2014 ES

Fronius España S.L.U.
 Parque Empresarial LA CARPETANIA
 Miguel Faraday 2
 28906 Getafe (Madrid)
 España
 Teléfono +34 91 649 60 40
 Fax +34 91 649 60 44
 pv-sales-spain@fronius.com
 www.fronius.es

Fronius International GmbH
 Froniusplatz 1
 4600 Wels
 Austria
 Teléfono +43 7242 241-0
 Fax +43 7242 241-953940
 pv-sales@fronius.com
 www.fronius.com

ANEXO nº2:

Paneles fotovoltaicos

Ficha de características



+ Ultra *nueva gama*

➔ Módulo fotovoltaico
A-290P / A-295P / A-300P (TYCO 3.2)



+ UltraTolerancia positiva
Positiva 0/+5 Wp

+ UltraCalidad
Anti Hot-Spot

+ UltraGarantía
10 años de garantía de producto

+ UltraFiabilidad
En el mercado desde 1979

+ UltraResistencia
Cristal templado de 3.2 mm

+ UltraTES
Verificación eléctrica célula a célula



Sistema único
en el mercado,
patentado por
Atersa.



Para una información más detallada de los términos de la garantía, consulte:

➔ www.atersa.com

Nueva gama Ultra con Tolerancia positiva 

Nueva gama Ultra con Tolerancia positiva

Características eléctricas (STC: 1kW/m², 25°C±2°C y AM 1,5)*

	A-290P	A-295P	A-300P
Potencia Nominal (0/+5 W)	290 W	295 W	300 W
Eficiencia del módulo	14,91%	15,16%	15,42%
Corriente Punto de Máxima Potencia (Imp)	8,07 A	8,14 A	8,21 A
Tensión Punto de Máxima Potencia (Vmp)	35,93 V	36,23 V	36,52 V
Corriente en Cortocircuito (Isc)	8,67 A	8,78 A	8,89 A
Tensión de Circuito Abierto (Voc)	44,67 V	44,82 V	44,97 V

Parámetros térmicos

Coefficiente de Temperatura de Isc (α)	0,04% /°C
Coefficiente de Temperatura de Voc (β)	-0,32% /°C
Coefficiente de Temperatura de P (γ)	-0,43% /°C

Características físicas

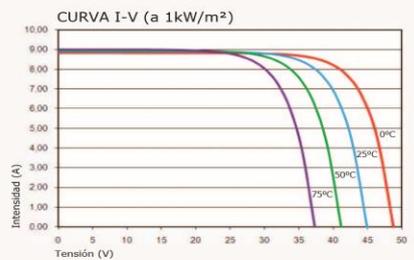
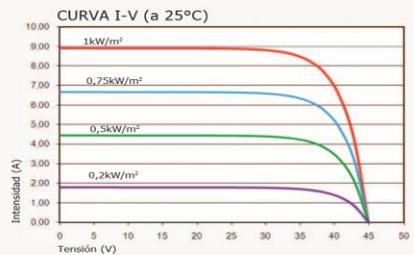
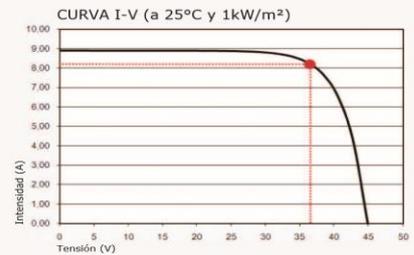
Dimensiones (mm ± 2 mm)	1965x990x40
Peso (kg)	22,5
Área (m ²)	1,95
Tipo de célula (± 1 mm)	Policristalina 156x156 mm (6 pulgadas)
Células en serie	72 (6x12)
Cristal delantero	Cristal templado ultra claro de 3.2 mm
Marco	Aleación de aluminio anodizado o pintado en poliéster
Caja de conexiones	TYCO IP67
Cables	Cable Solar 4 mm ² 1200 mm
Conectores	TYCO PV4

Rango de funcionamiento

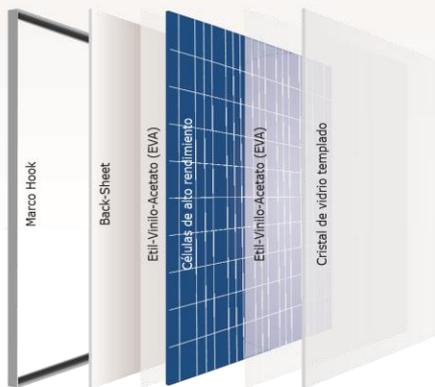
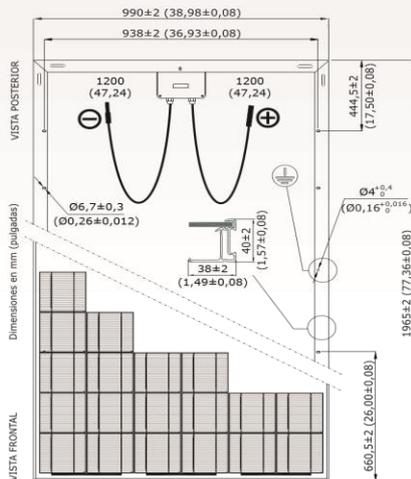
Temperatura	-40°C a +85°C
Máxima Tensión del Sistema / Protección	1000 V / CLASS II
Carga Máxima Viento / Nieve	2400 Pa
Máxima Corriente Inversa (IR)	15,1 A

*Especificaciones eléctricas medidas en STC. NOCT: 47±2°C.
Tolerancias medida STC: ±3% (Pmp); ±10% (Isc, Voc, Imp, Vmp).

Curvas modelo A-300P



Vista genérica de la construcción de un módulo fotovoltaico



- Módulos por caja: **25 uds**
- Peso por palé: **595 kg**
- En un contenedor de 40 pies entran 21 cajas: **525 paneles**
- En un contenedor de 40 pies HC entran 22 cajas: **550 paneles**
- En un contenedor de 20 pies entran 9 cajas: **225 paneles**
- En un camión TAUTLINER entran 26 cajas: **650 paneles**



NOTA: Los datos contenidos en esta documentación están sujetos a modificación sin previo aviso.

➔ www.atersa.com • atersa@elecnor.com
Madrid 915 178 452 • Valencia 902 545 111

Revisado: 21/11/17
Ref.: MU-6P (1) 6x12-K (TY 3.2)
© Atersa SL, 2016



ANEXO nº3:

Smart Metter

Ficha de características

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging



FRONIUS SMART METER

/ Contador bidireccional para registrar el consumo de energía en su hogar



/ El Fronius Smart Meter es un contador bidireccional que optimiza el autoconsumo y registra la curva de consumo de su hogar. Gracias a la medición de alta precisión y la rápida comunicación a través del interface Modbus RTU, la limitación de potencia remota, cuando hay límites impuestos, es más rápida y precisa que con el controlador S0. Junto con Fronius Solar.web, ofrece una visión detallada del consumo de energía en su hogar. Para la solución de almacenaje Fronius Energy Package basada en el Fronius Symo Hybrid, el Fronius Smart Meter permite realizar una gestión sistematizada de los distintos flujos de energía, optimizando así la energía total. Es perfecto para su uso junto al Fronius Symo, Fronius Symo Hybrid, Fronius Galvo, Fronius Primo, Fronius Eco y Fronius Datamanager 2.0.

FRONIUS SMART METER

DATOS TÉCNICOS	FRONIUS SMART METER 63A-3	FRONIUS SMART METER 50kA-3 ¹⁾	FRONIUS SMART METER 63A-1
Tensión nominal	400 – 415 V	400 – 415 V	230 – 240 V
Máxima corriente	3 x 63 A	3 x 50.000 A	1 x 63 A
Sección de cable de entrada	1 – 16 mm ²	0,05 - 4 mm ²	1 – 16 mm ²
Sección de cable de comunicación y neutro		0,05 – 4 mm ²	
Consumo de energía	1,5 W	2,5 W	1,5 W
Intensidad de inicio		40 mA	
Clase de precisión		1	
Precisión de energía activa		Class B (EN50470)	
Precisión de energía reactiva		Class 2 (EN/IEC 62053-23)	
Sobrecorriente de corta duración		30 x I _{max} / 0,5 s	
Montaje		Interior (Carril DIN)	
Carcasa (ancho)	4 módulos DIN 43880	4 módulos DIN 43880	2 módulos DIN 43880
Tipo de protección		IP 51 (marco frontal), IP 20 (terminales)	
Rango de temperatura de operación		-25 - +55°C	
Dimensiones (Altura x Anchura x Profundidad)	89 x 71,2 x 65,6	89 x 71,2 x 65,6	89 x 35 x 65,6
Interface para el inversor		Modbus RTU (RS485)	
Display	8 dígitos LCD	8 dígitos LCD	6 dígitos LCD

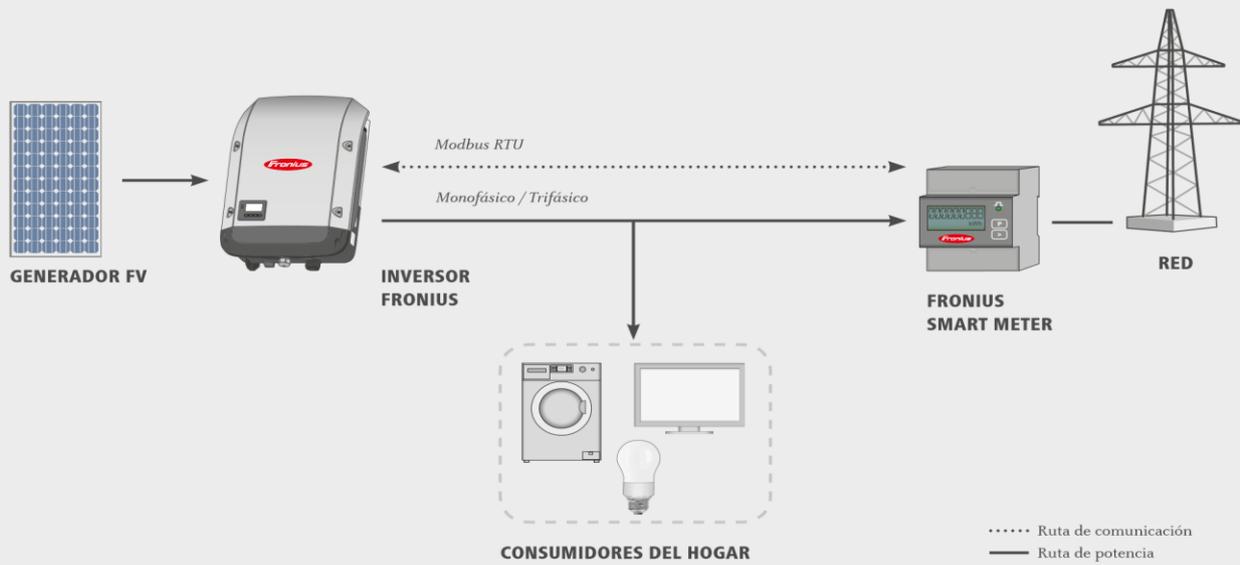
¹⁾ Disponible sin transformador de corriente. Más información sobre la correcta elección de los transformadores en www.fronius.es.

VENTAJAS

- / Limitación de potencia remota rápida y precisa
- / Junto con el Fronius Solar.web ofrece una visión detallada del consumo de energía en su hogar
- / Optimiza la gestión de energía con la solución de almacenaje Fronius Energy Package



ESQUEMA DE CONFIGURACIÓN



/ El Fronius Smart Meter es compatible con todos los inversores con un Interface RS485 (Modbus RTU). El Fronius Smart Meter funciona en paralelo con el Datamanager 2.0 para los inversores Fronius IG Plus. El Fronius Smart Meter puede ser instalado en cualquier momento junto con el Fronius Datamanager 2.0, después de la puesta en marcha de un inversor.

¹⁾ No es posible reducir la potencia del inversor.

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

SOMOS TRES DIVISIONES CON UNA MISMA PASIÓN: SUPERAR LÍMITES.

/ No importa si se trata de tecnología de soldadura, energía fotovoltaica o tecnología de carga de baterías, nuestra exigencia está claramente definida: ser líder en innovación. Con nuestros más de 3.000 empleados en todo el mundo superamos los límites y nuestras más de 1.000 patentes concedidas son la mejor prueba. Otros se desarrollan paso a paso. Nosotros siempre damos saltos de gigante. Siempre ha sido así. El uso responsable de nuestros recursos constituye la base de nuestra actitud empresarial.

Para obtener información más detallada sobre todos los productos de Fronius y nuestros distribuidores y representantes en todo el mundo visite www.fronius.com

v04 Nov 2014 ES

Fronius España S.L.U.
Parque Empresarial LA CARPETANIA
Miguel Faraday 2
28906 Getafe (Madrid)
España

pv-sales-spain@fronius.com
www.fronius.es

Fronius International GmbH
Froniusplatz 1
4600 Wels
Austria
Teléfono +43 7242 241-0
Fax +43 7242 241-953940
pv-sales@fronius.com
www.fronius.com



**EU-DECLARATION OF CONFORMITY
DICHIARAZIONE DI CONFORMITÀ UE
DECLARACIÓN UE DE CONFORMIDAD**

Manufacturer	Costruttore	La empresa
FRONIUS INTERNATIONAL GMBH Froniusstraße 1, A-4643 Pettenbach		
Hereby certifies on its sole responsibility that the following product:	Con la presente certifica dichiara la sua esclusiva responsabilità che il seguente prodotto:	declara bajo su exclusiva responsabilidad que el siguiente producto:
Fronius Symo 3.0-3-S / 3.7-3-S / 4.5-3-S Photovoltaic inverter	Fronius Symo 3.0-3-S / 3.7-3-S / 4.5-3-S Inverter solare	Fronius Symo 3.0-3-S / 3.7-3-S / 4.5-3-S Inversor solar
which is explicitly referred to by this Declaration meet the following directives and standard(s):	al quale è esplicitamente riferita questa dichiarazione, è conforme alle seguenti direttive e agli seguenti standard.	al que se refiere la presente declaración está conforme con las siguientes directivas y normas:
Directive 2014/53/EU Radio equipment	Direttiva 2014/53/UE Apparecchiature radio	Directiva 2014/53/UE Equipos radioeléctricos
Directive 2011/65/EU RoHS	Direttiva 2011/65/UE RoHS	Directiva 2011/65/UE RoHS
European Standards including relevant amendments EN 62109-1:2010 EN 62109-2:2011 EN 62233:2008+AC:2008 EN 50364:2010 EN 61000-6-3:2007 +A1:2011 +AC:2012 EN 61000-6-2:2005 +AC:2005 EN 55011:2016 EN 300 328 V2.1.1 EN 301 489-1 V1.9.2 EN 301 489-17 V2.2.1	Norme europee e rispettive modifiche EN 62109-1:2010 EN 62109-2:2011 EN 62233:2008+AC:2008 EN 50364:2010 EN 61000-6-3:2007 +A1:2011 +AC:2012 EN 61000-6-2:2005 +AC:2005 EN 55011:2016 EN 300 328 V2.1.1 EN 301 489-1 V1.9.2 EN 301 489-17 V2.2.1	Normas europeas incluidas las modificaciones correspondientes EN 62109-1:2010 EN 62109-2:2011 EN 62233:2008+AC:2008 EN 50364:2010 EN 61000-6-3:2007 +A1:2011 +AC:2012 EN 61000-6-2:2005 +AC:2005 EN 55011:2016 EN 300 328 V2.1.1 EN 301 489-1 V1.9.2 EN 301 489-17 V2.2.1
Documentation evidencing conformity with the requirements of the Directives is kept available for inspection at the above Manufacturer.	La documentazione attestante la conformità alle richieste delle direttive sarà tenuta a disposizione per ispezioni presso il sopraccitato costruttore.	La empresa mencionada anteriormente tiene a disposición para inspección los documentos que confirman el cumplimiento de los objetivos de seguridad y los requisitos de protección esenciales.

CE marking date:

ppa. Francis Andler, MAS
 ppa. T. Hemler, MAS
 Member of Board
 Chief Production Officer

ANEXO nº4:
Sumflex RV-K 0,6/1KV
Ficha de características

Sumflex® RV-K 0,6/1kV



Info

– Posibilidad de fabricación con cubierta en otros colores, con marcaje en cubierta personalizado, etc.

Aplicación:

Cable flexible universal para instalación fija, destinado al transporte de energía en instalaciones interiores y exteriores, acometidas, alumbrados públicos etc. Cubierta altamente flexible para instalaciones con trazados complejos.

Normativas / Propiedades generales:

- Normativa constructiva IEC60502
- No propagador de la llama según EN60332-1-2 / IEC60332-1-1
- Buena resistencia a agentes químicos
- Buena resistencia a la inmersión
- Apto para la intemperie

Construcción:

- Cobre electrolítico recocido, Clase 5 flexible según EN60228
- Aislamiento de XLPE, tipo DIX 3 según HD603-1
- Identificación conductores: HD308 (Colores)
(Bajo demanda también disponible sin conductor de tierra)
- Cableado en capas concéntricas
- Cubierta exterior de PVC, tipo DMV 18 según HD603-1
- Color negro

Características técnicas:

- Tensión de servicio 0,6/1kV
- Tensión de ensayo 3.500V C.A. durante 5 min.
- Temperatura de servicio -25°C a 90°C
- Temperatura máxima conductor 90°C (250°C en caso de cortocircuito)
- Resistencia eléctrica según UNE 60228
- Intensidad máxima admisible según IEC60364
- 5 x Ø Radio de curvatura mínimo

Código	Cond. x sec. mm ²	Ø exterior mm	Peso Cable kg/km	Resistencia Ω/km a 20°C	Inten. (30°C) A (al aire)	Inten. (20°C) A (enterrado)
101200010200000	1 x 1,5	5,7	41	13,30	21	22
101200020200000	2 x 1,5	8,4	91	13,30	26	26
101200030200000	3 G 1,5	9,0	108	13,30	26	26
101200040200000	4 G 1,5	9,6	128	13,30	23	22
101200050200000	5 G 1,5	10,7	153	13,30	23	22
101200010220000	1 x 2,5	6,2	53	7,98	29	29
101200020220000	2 x 2,5	9,5	121	7,98	36	34
101200030220000	3 G 2,5	10,0	145	7,98	36	34
101200040220000	4 G 2,5	10,8	174	7,98	32	29
101200050220000	5 G 2,5	11,9	210	7,98	32	29

Código	Cond. x sec. mm ²	∅ exterior mm	Peso Cable kg/km	Resistencia Ω/km a 20°C	Inten. (30°C) A (al aire)	Inten. (20°C) A (enterrado)
101200010230000	1 x 4	6,7	69	4,95	40	37
101200020230000	2 x 4	10,6	162	4,95	49	44
101200030230000	3 G 4	11,1	196	4,95	49	44
101200040230000	4 G 4	12,1	241	4,95	42	37
101200050230000	5 G 4	13,3	291	4,95	42	37
101200010240000	1 x 6	7,2	89	3,30	53	46
101200020240000	2 x 6	11,4	208	3,30	63	56
101200030240000	3 G 6	12,3	262	3,30	63	56
101200040240000	4 G 6	13,3	322	3,30	54	46
101200050240000	5 G 6	14,7	393	3,30	54	46
101200010250000	1 x 10	8,2	134	1,91	74	61
101200020250000	2 x 10	14,4	162	1,91	86	73
101200030250000	3 G 10	15,2	434	1,91	86	73
101200040250000	4 G 10	16,5	537	1,91	75	61
101200050250000	5 G 10	18,0	654	1,91	75	61
101200010260000	1 x 16	9,3	193	1,21	101	79
101200020260000	2 x 16	16,6	512	1,21	115	95
101200030260000	3 x 16	17,6	645	1,21	100	79
101200040260000	4 x 16	19,6	817	1,21	100	79
101200050260000	5 G 16	21,6	1.013	1,21	100	79
101200010270000	1 x 25	10,9	284	0,78	135	101
101200030270000	3 x 25	21,1	972	0,78	127	101
101200040270000	4 x 25	23,1	1.201	0,78	127	101
101200050270000	5 G 25	25,6	1.506	0,78	127	101
101200010300000	1 x 35	12,1	377	0,554	169	122
101200030300000	3 x 35	24,1	1.306	0,554	158	122
101200040300000	4 x 35	26,1	1.642	0,554	158	122
101200050300000	5 G 35	29,1	2.040	0,554	158	122
101200010340000	1 x 50	13,8	522	0,386	207	144
101200030340000	3 x 50	27,8	1.822	0,386	192	144
101200040340000	4 x 50	31,3	2.327	0,386	192	144
101200050340000	5 G 50	34,5	2.895	0,386	192	144
101200010390000	1 x 70	15,9	721	0,272	268	178
101200030390000	3 x 70	30,8	2.464	0,272	246	178
101200040390000	4 x 70	36,1	3.206	0,272	246	178
101200010450000	1 x 95	17,6	913	0,206	328	211
101200040450000	4 x 95	40,4	4.092	0,206	298	211
101200010510000	1 x 120	19,5	1.156	0,161	383	240
101200040510000	4 x 120	45,4	5.227	0,161	346	240
101200010580000	1 x 150	21,7	1.450	0,129	444	271
101200040580000	4 x 150	50,4	6.600	0,129	399	271
101200010650000	1 x 185	23,9	1.745	0,106	510	304
101200040650000	4 x 185	56,1	8.026	0,106	456	304
101200010730000	1 x 240	26,9	2.285	0,0801	607	351
101200040730000	4 x 240	63,1	10.491	0,0801	538	351
101200010760000	1 x 300	29,6	2.844	0,0641	703	396

Sumcab se reserva el derecho de modificar estas especificaciones sin previo aviso.

2. Pliego de condiciones técnicas

INDICE

1.Objetivo	81
2.Generalidades	81
3.Diseño del generador fotovoltaico.....	82
3.1. Generalidades	82
3.2. Inclinación y orientación.	82
3.3. Sistema de monitorización.....	83
4. Materiales y componentes de la instalación.....	83
4.1. Generalidades	83
4.2. Generadores fotovoltaicos.....	84
4.3 Estructura soporte.....	85
4.4 Inversores	86
4.5 Cableado.....	87
4.6 Conexión a red	87
4.7 Medidas.....	87
4.8 Protecciones.....	87
4.9 Puesta a tierra de las instalaciones fotovoltaicas	88
5. Recepción y pruebas	88
6. Cálculo de la producción anual esperada.....	89
6.1 Requerimientos técnicos del contrato de mantenimiento. Generalidades.....	89
6.2 Programa de mantenimiento	89
6.3 Garantías.	90
6.3.1 Ámbito general de la garantía.....	90
6.3.2 Plazos.....	90

1. Objetivo

El objetivo del siguiente pliego o documento es establecer las condiciones mínimas y necesarias que debe cumplir las instalaciones solares que se encuentren conectadas a red.

Se pretende comprender esta serie de condiciones como guía para las instalaciones y para los fabricantes de este tipo de instalaciones o equipos, definiendo las especificaciones mínimas que se han de cumplir en este tipo de instalaciones, para poder asegurar así su calidad en beneficio del usuario y del propio desarrollo dentro de este campo y de este tipo de tecnologías.

La calidad de la instalación será valorada a través de su rendimiento, producción e incorporación.

El campo de aplicación de este pliego de condiciones técnicas (PCT) se extiende a todos los sistemas eléctricos y electrónicos que forman parte de este tipo de instalaciones.

A la hora de establecer este tipo de proyectos existe la posibilidad de adoptar, en función de la naturaleza del proyecto y teniendo en cuenta su desarrollo tecnológico, diferentes alternativa o soluciones en este PCT, siempre y cuando se presenten de manera justificada las necesidades y no implique una reducción o disminución de la calidad del servicio ofrecido.

2. Generalidades

Este pliego recoge todas las generalidades y especificaciones sobre las instalaciones solares fotovoltaicas con conexión a red, excluyendo las instalaciones solares aisladas.

Dichas generalidades se aplicarán a las normativas que afecten a instalaciones solares fotovoltaicas, y de forma específica se detallan las siguientes:

- Norma UNE-EN 62466: Sistemas fotovoltaicos conectados a red. Requisitos mínimos de documentación, puesta en marcha e inspección de un sistema.
- Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico.
- Resolución de 31 de mayo de 2001 por la que se establecen modelo de contrato tipo y modelo de factura para las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.
- Real Decreto 1699/2011, de 29 de septiembre, sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.
- Real Decreto 1995/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (B.O.E. de 18-9-2002).
- Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.

- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- Real Decreto 1578/2008, de 26 de septiembre, de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para instalaciones posteriores a la fecha límite de mantenimiento de la retribución del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, para dicha tecnología.

3. Diseño del generador fotovoltaico

3.1. Generalidades

El módulo fotovoltaico que ha sido seleccionado cumple con las especificaciones establecidas y citadas anteriormente en el *apartado 5*.

Los módulos fotovoltaicos presentes en la instalación serán totalmente idénticos a los citados en el proyecto. En el hipotético caso de ser modificados o reemplazados por otros módulos de distinto modelo, se deberá garantizar la total compatibilidad entre ellos y así poder asegurar un correcto funcionamiento y asegurar la ausencia de defectos de la instalación.

Si empleamos células fotovoltaicas distintas a las indicadas en el proyecto, debemos de justificarlo de forma correcta, incluyendo la documentación necesaria sobre las pruebas y ensayos realizados y estimados en el proyecto. Se debe indicar y garantizar el cumplimiento total sobre las normativas vigentes de obligatorio cumplimiento.

3.2. Inclinación y orientación.

La inclinación y la orientación de los paneles fotovoltaicos y las sombras ocasionadas por estos han sido calculadas de tal forma que se asegure la cantidad mínima de pérdidas energéticas posibles. Debemos de tener en cuenta la posición y la arquitectura que presenta los paneles, para obtener de esta forma la distancia mínima adecuada y establecida para todas las épocas del año, de modo que obtengamos unas pérdidas de energía mínimas respecto a los valores óptimos establecidos.

En el caso de que no se pueda cumplir lo que anteriormente hemos definidos, ya sea por cualquier situación especial, tanto climatología como física, se deberá establecer y evaluar una reducción de las condiciones energéticas de la instalación, de modo que se deberán incluir en la memoria del presente proyecto.

En todos los casos que se presenten se deberá evaluar las pérdidas por orientación, así como la inclinación del generador y las sombras.

3.3. Sistema de monitorización

La instalación fotovoltaica del proyecto presenta la monitorización y la instalación de un sistema de seguridad, este sistema es capaz de mostrar a tiempo real la generación de energía y medidas de tipo voltaje en las fases de red y de corriente en la entrada del inversor, además de la potencia de salida y de la radiación solar de los módulos. Es de relativa importancia que dicho sistema se comporte adecuadamente y que permita la accesibilidad completa para el usuario.

4. Materiales y componentes de la instalación.

4.1. Generalidades

El grado de aislamiento eléctrico empleado será al menos de **clase 1** y estará asignado sobre los materiales tanto para los eléctricos de los que se compone la instalación (conductores, armario, etc.) como para los módulos y el inversor, contando con que, para los conductores de la parte continua el aislamiento deberá ser doble.

El suministro de calidad de la energía eléctrica se debe principalmente a las características de la instalación fotovoltaica. Con un funcionamiento eficaz no presenta suponer ningún tipo de pérdida ni avería en la red eléctrica, ni alteraciones que perjudiquen en la seguridad del sistema, así como variaciones superiores a los límites establecidos en la instalación por la normativa vigente. De esta forma no se presentarán condiciones de trabajo para mantenimientos o explotación de la red de distribución.

Los materiales que se encuentren a la intemperie se protegerán contra los agentes meteorológicos, sobre todo contra los efectos de radiación solar, lluvia y humedad.

Se deberá garantizar el empleo de todos los métodos de seguridad establecidos y recomendados en la instalación, así como las protecciones obligatorias para las personas y para la instalación. De esta forma se garantizará la protección contra posibles contactos directos o indirectos, cortocircuitos y sobrecargas, tal y como se encuentra indicado en la vigente legislación.

Ante los cambios que se presenten en el actual proyecto, con respecto al apartado de memoria del documento, se debe de justificar y especificar cada uno de los resultados aportados, además de adjuntar el motivo o causa de los mismos. Por consiguiente, debemos de incluir los documentos técnicos de cada uno de los componentes añadidos, dichos documentos serán aportados por el mismo fabricante.

4.2. Generadores fotovoltaicos

Los módulos fotovoltaicos deberán incorporar el marcado CE, según la Directiva 2014/35 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de febrero de 2014, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre el material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión.

Además, deberán cumplir la norma UNE-EN 61730, armonizada para la Directiva 2014/35, sobre cualificación de la seguridad de módulos fotovoltaicos, y la norma UNE-EN 50380, sobre informaciones de las hojas de datos y de las placas de características para los módulos fotovoltaicos. Adicionalmente, éste deberá satisfacer la norma UNE-EN 61215: Módulos fotovoltaicos de silicio cristalino para uso terrestre. Cualificación del diseño y homologación.

Se deberán visualizar en los módulos las características del diseño, modelo y nombre del fabricante. Además, deben ser identificados en cada uno de los módulos, como por ejemplo el número de identificación o número de serie correspondiente.

El grado de protección asignado para los módulos será IP65 (figura 9) incluyendo una serie de diodos de derivación, con la finalidad de evitar averías en los paneles y en sus circuitos por sombreados parciales.

redatel
Soluciones en datos y seguridad

Guía de clasificaciones IP (Protección de ingreso)

Sólidos		Agua	
1	Protegido contra un objeto más grande que 50mm así como una mano.	1	Protegido contra la caída vertical de gotas de agua, limita el ingreso permitido.
2	Protegido contra un objeto más grande de 12.5mm así como un dedo.	2	Protegido contra la caída vertical de gotas de agua con una inclinación de 15° sobre el eje vertical. Limita el ingreso permitido.
3	Protegido contra un objeto más grande de 2.5mm así como un destornillador.	3	Protegido contra el rocío de agua con una inclinación de 60° sobre el eje vertical. Limita el ingreso permitido por 3 minutos.
4	Protegido contra un objeto más grande de 1mm así como un cable.	4	Protegido contra el rocío del agua desde todas las direcciones. Limita el ingreso permitido.
5	Protegido contra el polvo. Limita el ingreso del polvo permitido. No interferirá con la operación del equipo. Dos u ocho horas.	5	Protegido contra chorros de agua. Limita el ingreso permitido.
6	Antipolvo. No ingresa el polvo. Dos u ocho horas.	6	Agua de fuertes olas de agua o agua proyectada desde fuertes chorros, no entrará en el dispositivo en grandes cantidades.
Ejemplo:		7	Protección contra los efectos de la inmersión en agua entre 15cm y 1m por 30 minutos.
IP65		8	Protección contra los efectos de la inmersión en agua bajo presión por largos períodos.
Ingreso Protección			

Ilustración 6: Guía de calificaciones IP

Dispondrá de unos marcos laterales de aluminio o acero inoxidable, además de unos márgenes, en los valores nominales de cortocircuito y corriente que vienen indicados en el catálogo, comprendidos dentro del 10%. La estructura se conectará a tierra.

Cada uno de los módulos que forman el sistema se ajustarán a los requisitos anteriormente citados. Si se presentasen variaciones, se deberá presentar una solicitud en la memoria para justificar el motivo del cambio.

Si los módulos fotovoltaicos presentasen defectos de fabricación, en cualquiera de sus componentes, como por ejemplo roturas, manchas, burbujas o desalineación de las células, serán rechazados.

Con la finalidad de garantizar la seguridad y para ayudar en el mantenimiento, así como en la reparación del generador, se instalarán los elementos necesarios para la desconexión, de forma independiente y en ambos terminales de cada una de las ramas del generador.

4.3 Estructura soporte

Las estructuras soporte de las placas cumplirán las siguientes características, en caso de no hacerlo, se debe incluir una solicitud de diseño y proyecto de estas aportando una justificación sobre los puntos que no se cumplan, además de que, en todos los casos, cumpla con las normas aplicables.

La resistencia que presentan las células o placas será la suficiente como para garantizar su resistencia, ya que como se indica en la normativa vigente, teniendo en cuenta las posibles sobrecargas ocasionadas por efectos atmosféricos como el viento o la nieve.

En cuanto a la instalación y el diseño de estas, se deberá estudiar los problemas originados por las dilataciones térmicas, con la finalidad de que no se generen tensiones o cargas capaces de dañar a las placas o la instalación. Por consiguiente, la estructura debe de estar instalada de tal manera cumpla con los requisitos principales de orientación e inclinación de los cálculos realizados, garantizando así que sea más sencillo de manipular a la hora de su montaje y desmontaje.

La tornillería empleada en la instalación será de acero inoxidable, únicamente en caso de que la estructura fuese galvanizada se usarían tornillos galvanizados. Para el anclaje de los módulos emplearemos tonillos de acero inoxidable.

El montaje de la estructura será estudiado y nos asegurará que no se provoque sombreado en las placas fotovoltaicas vecinas, cumpliendo con los requisitos citados en *el apartado 4.2* sobre sombreado entre placas.

4.4 Inversores

Los inversores deben de presentar los requisitos necesarios para su correcta conexión con la red eléctrica, teniendo en cuenta el suficiente margen para la potencia de entrada, de modo que pueda obtener la máxima potencia que producida por los paneles a lo largo del día.

En cuanto a su funcionamiento actuará como una fuente de corriente, autoconmutado, presentará un sistema que permita seguir el punto de máxima potencia de los paneles y en ninguno de los casos funcionará en modo isla.

Los inversores cumplirán con las directivas comunitarias de seguridad eléctrica y compatibilidad electromagnética (ambas serán certificadas por el fabricante) incorporando protecciones frente a:

- Cortocircuito en alterna.
- Tensión de red fuera de rango.
- Frecuencia de red fuera de rango.
- Sobretensiones mediante varistores o similares.
- Perturbaciones presentes en la red.

Los inversores presentarán las indicaciones necesarias para mejorar y garantizar un funcionamiento adecuado bajo las condiciones de uso generales, incorporando a su vez los sistemas de supervisión y manejo.

Cada inversor incorporará los controles manuales siguientes:

- Encendido y apagado del inversor.
- Conexión y desconexión del inversor a la interfaz AC. Puede ser externo al inversor.

Las características eléctricas del inversor serán las siguientes:

- El inversor seguirá entregando potencia a la red de forma continuada en condiciones de irradiación solar de un 10% superiores a las CEM. Además, soportará picos de un 30% superior a las CEM durante periodos de hasta 10 segundos.
- El rendimiento de potencia del inversor, para una potencia de salida en corriente alterna del 50% y al 100% de la potencia nominal deberán ser superiores al 92% y 94% respectivamente. El cálculo del rendimiento se realizará de acuerdo con la norma UNE-EN 6168: Sistemas fotovoltaicos. Acondicionadores de potencia. Procedimientos para la medida del rendimiento.
- El autoconsumo de los equipos (pérdidas en vacío) en “stand-by” o modo nocturno deberá ser inferior al 2% de la potencia nominal de salida.
- El factor de potencia de la potencia que se genera deberá ser superior a 0,95 entre el 25% y el 100% de la potencia nominal.

- El inversor deberá inyectar a red para potencias mayores del 10% de su potencia nominal.

El inversor ha de tener una protección adecuada en función de dónde se instale finalmente, si es en interior de edificio, pero de lugar inaccesible tendrá una protección IP20, en caso de ser accesible IP30 y si se instala en la intemperie IP65.

El inversor estará garantizado para operación en las condiciones ambientales siguientes: entre 0 y 40°C de temperatura y 0% a 85% de humedad relativa.

4.5 Cableado

El cableado empleado será de cobre, y presentará una sección anteriormente estipulada mediante en el cálculo justificado, con la finalidad de asegurar que no haya pérdidas de tensión y calentamientos. Las pérdidas de tensión para cualquier condición de trabajo permanecerán por debajo de valores inferiores al 1,5% en caso de CC e inferior al 2% para la parte de AC.

La longitud que presente el cable debe de ser la necesaria, para que de este modo no genere esfuerzos entre los elementos de la instalación ni posibilidad de enganche por el tránsito normal de personas.

Todo el cableado de continua será de doble aislamiento y adecuado para su uso al aire libre o enterrado, de acuerdo con la norma UNE 21123.

4.6 Conexión a red

La conexión a red garantiza que se cumpla lo estipulado por el Real Decreto 1699/2011 donde se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica potencia no muy elevada.

4.7 Medidas

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.

4.8 Protecciones

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1699/2011 sobre conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.

Los elementos de protección y control se colocarán en los cuadros eléctricos y lugares pertinentes, siendo de montaje superficial y colocados a una altura adecuada, según lo estipulado en la norma y con un grado de protección mínima IP30.

4.9 Puesta a tierra de las instalaciones fotovoltaicas

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1699/2011 sobre conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.

La instalación fotovoltaica contará con una toma de tierra independiente del resto de la instalación del edificio y del neutro puesto a tierra de la red de distribución de la compañía eléctrica. La resistencia de la toma de tierra será inferior a 37Ω y con una tensión de contacto máxima de 24V.

El cableado destinado a protección tendrá el objetivo de unir las masas de la instalación a los elementos pertinentes, con el fin de asegurar una protección de contactos indirectos. Las partes metálicas de la instalación, como el inversor, los cuadros, las estructuras y las partes metálicas de las placas, se conectará a este cableado.

5. Recepción y pruebas

El instalador se hará cargo de presentar un documento donde se especifique el suministro de componentes y materiales y los manuales para el uso y mantenimiento de la instalación. Se dispondrá de una copia y ambos documentos serán firmados tanto por el instalador como por el comprador, conservando cada uno un ejemplar.

Cuando hablamos de los elementos principales y su puesta en marcha, estos han de haber superado las pruebas referidas en cuanto a su calidad y funcionamiento en fábrica. Documento que ha de ser adjuntado con el material y los certificados de calidad.

El instalador también ha de realizar un registro con un número de pruebas antes de la puesta en marcha de la instalación para garantizar el correcto funcionamiento de las tareas de esta, de forma independiente a lo establecido por las normativas citadas anteriormente. Estas pruebas a llevar a cabo serán de tipo:

- Funcionamiento y puesta en marcha de todos los sistemas.
- Pruebas de arranque y paradas en distintos instantes de funcionamiento.
- Pruebas de los elementos y medidas de protección, seguridad y alarma, así como su actuación, con excepción de las pruebas referidas al interruptor automático de la desconexión.
- Determinación de la potencia instalada de acuerdo con los procedimientos explicados.

Una vez terminadas las pruebas y la puesta en marcha, se pasará a la fase de la Recepción Provisional de la Instalación, no obstante, el Acta de Recepción Provisional no se firmará hasta haber comprobado que todos los sistemas y elementos que forman parte del suministro han funcionado correctamente durante tiempo estipulado de 240 horas seguidas, sin interrupciones o paradas causadas por fallos o errores del sistema suministrado.

Los elementos suministrados, así como la instalación en su conjunto, presentarán protecciones ante defectos de fabricación, instalación o diseño por una garantía de tres años, excepto en el caso de los paneles fotovoltaicos cuya garantía será de 10 años, plazo que comenzará a partir de la fecha de firma del acta de recepción provisional.

El instalador tendrá la labor de reparar la instalación sin ningún tipo coste, siempre y cuando se produzca un fallo de funcionamiento cuyo origen proceda de defectos de fabrica (ocultos en diseño, construcción, material o montaje).

6. Cálculo de la producción anual esperada

Se estima una inyección aproximada de **33373,34 kWh**, lo que equivale a unos 3,25 TEP (toneladas equivalentes de petróleo) anuales. Esto supone un ahorro energético, por parte del consumidor, de unos **5096,1 €** anuales, según el precio del kWh en el mercado a fecha presente del pliego de condiciones técnicas.

6.1 Requerimientos técnicos del contrato de mantenimiento.

Generalidades

Se realizará un contrato de mantenimiento correctivo y preventivo de al menos tres años.

El contrato de mantenimiento de la instalación incluirá todos los elementos de la instalación con las labores de mantenimiento preventivo aconsejados por los fabricantes.

6.2 Programa de mantenimiento

En el programa de mantenimiento, se definirán una serie de condiciones generales mínimas que han de realizarse para conseguir un adecuado mantenimiento y funcionamiento de la instalación fotovoltaica conectada a red.

Existen dos tipos de caminos que debemos de tener en cuenta a la hora de conseguir los resultados de las operaciones que alarguen la vida útil de la instalación garantizando un correcto funcionamiento.

El aumento de la producción y la prolongación de la duración del sistema mediante un mantenimiento preventivo y correctivo.

En el caso del mantenimiento preventivo, se llevan a cabo las operaciones de sustitución necesarias para garantizar el correcto funcionamiento del sistema durante tiempo de vida útil, incluye una lista de medidas como el análisis y elaboración de un presupuesto de trabajo y reposiciones necesarias para un correcto funcionamiento, o costes económicos de mantenimiento correctivo, lo que forma parte del precio anual del contrato de mantenimiento. Puede que no se incluya la mano de obra ni las reposiciones de equipos una vez superado el período de garantía.

El mantenimiento será realizado únicamente por el personal técnico cualificado, bajo la responsabilidad de la compañía encargada de su instalación.

Se realizará una visita como mínimo al año, en la cual se llevarán a cabo las comprobaciones de protecciones eléctricas que sean necesarias, así como, el estado de los paneles o variaciones que puedan ocasionar pérdidas con respecto al proyecto original. Por otra parte, se controlará el estado de las conexiones, del inversor y el estado mecánico de cables y terminales como la toma de tierra y el reapriete de bornas.

Se realizará un informe técnico para cada una de las inspecciones que se realicen, especificando el estado en el que se encuentra la instalación e incidencias encontradas. Se mantendrá un registro de mantenimiento, donde se mostrará las distintas operaciones que se hayan ido realizando y una identificación del personal que se haya encargado.

6.3 Garantías.

6.3.1 Ámbito general de la garantía

La garantía es concedida en favor del comprador de la instalación, estando debidamente justificada mediante un certificado con fecha acreditativa de la certificación de la instalación.

La instalación se reparará de acuerdo con estas condiciones generales en caso de avería o defecto de montaje o de componentes, siempre en el caso de que se haya manipulado de manera correcta, según lo indicado en las instrucciones.

6.3.2 Plazos

El suministrador garantizará la instalación durante un período mínimo de 3 años, para todos los materiales utilizados y el procedimiento empleado en el montaje. Para los módulos fotovoltaicos la garantía mínima será de 10 años.

3. Presupuesto de la instalación FV

INSTALACION FOTOVOLTAICA DE UN CENTRO DEPORTIVO CON CONEXIÓN A RED

N.º: 01	Descripción: Instalación fotovoltaica	Medición	Precio Ud	Importe (€)
---------	---------------------------------------	----------	-----------	-------------

• Instalación fotovoltaica con conexión a red de un gimnasio

01.01 BGE1U010	Módulo fotovoltaico Atersa A-300 300W. Módulo fotovoltaico para instalaciones de conexión a red, potencia de pico 300 Wp, con 95 celulas policristalinas de 156x156 mm, con marco de aluminio anodizado, protección frontal con vidrio templado, cierre posterior estanco con lámina de material sintético, caja de conexión y precableado con conectores especiales, eficacia del 16,7%.	95,00	363,00	34485,00
01.02 BGE2U040	Inversor p/conex.red, Fronius Symo, trifásico, salida 20kW. Inversor de conexión a red, trifásico, potencia nominal de entrada 20 kWp, potencia nominal de salida 20 kW, tensión nominal de salida 400 V, frecuencia 50 Hz, rango de tensiones MPP a potencia nominal entre 420 y 800 VDC, tensión máxima de entrada 1000 VDC, rendimiento (CE) 93,5%, con protecciones de sobretensión DC y de inversión de polaridad integradas, grado de protección IP-21.	1,00	3058,71	3058,71
01.03 000004	Fronius Smart Metter trifásico 63A 43 k	1,00	292,48	292,48
01.04 000005	Desconectador con protección fusible 1200V 32A	2,00	65,28	130,56
01.05 BG41JLRK	Interruptor auto. Magnet.Sneider C120N,100A,4P, 10kA Interruptor automático magnetotérmico de caja moldeada, de 100 A de intensidad máxima con 4 polos.	1,00	313,31	313,31
01.06 BG42429D	Interruptor diferencial Schneider Electric A9Z05425 cl.AC, gam.terc.I=25A,(4P),0.03A Interruptor diferencial de la clase AC, gama terciario, de 40 A de intensidad nominal, tetrapolar (4P), de 0.03 A de sensibilidad, de desconexión fijo instantáneo, con botón de test incorporado, norma UNE-EN 61008.	1,00	38,82	38,82
01.07 BG41JLRK1	Descargador sobretensiones tipo II DG YPV	1,00	46,50	46,50

Total. Capítulo 01..... 38468,38 €

INSTALACION FOTOVOLTAICA DE UN CENTRO DEPORTIVO CON CONEXIÓN A RED

N.º: 02	Descripción: Cableado	Medición	Precio Ud	Importe (€)
---------	-----------------------	----------	-----------	-------------

• Cableado de la instalación fotovoltaica.

02.01 BG31N500	Conductor de Cu UNE SZ1-K (AS+) 0,6/1 kV baja emisión humos,RF UNE-EN 50200,1x6mm2 Conductor de cobre de designación UNE SZ1-K (AS+) 0,6/1 kV, con baja emisión de humos, resistente al fuego UNE-EN 50200, unipolar de sección 1x6 mm2	100,00	1,55	155,00
02.02 BG31N700	Conductor de Cu UNE SZ1-K (AS+) 0,6/1 kV baja emisión humos,RF UNE-EN 50200,1x16mm2. Conductor de cobre de designación UNE SZ1-K (AS+) 0,6/1 kV, con baja emisión de humos, resistente al fuego UNE-EN 50200, unipolar de sección 1x16 mm2	50,00	3,44	172,00
02.03 BG380900	Conductor Cu desnudo de la puesta a tierra general y auxiliares,1x35mm2. Conductor de cobre desnudo, unipolar de sección 1x35 mm2	50,00	1,29	64,50
02.04 BG22TA10	Tubo curvable corrugado PE,doble capa,DN=32mm. Tubo curvable corrugado de polietileno, de doble capa, lisa la interior y corrugada la exterior, de 40 mm de diámetro nominal, aislante y no propagador de la llama , resistencia al impacto de 15 J, resistencia a compresión de 450 N, para canalizaciones enterradas	100,00	1,20	120,00
02.05 BG22TB10	Tubo curvable corrugado PE,doble capa,DN=20mm.Tubo curvable corrugado de polietileno, de doble capa, lisa la interior y corrugada la exterior, de 50 mm de diámetro nominal, aislante y no propagador de la llama , resistencia al impacto de 15 J, resistencia a compresión de 450 N, para canalizaciones enterradas	100,00	0,80	80,00

Total. Capítulo 02 591,50 €

INSTALACION FOTOVOLTAICA DE UN CENTRO DEPORTIVO CON CONEXIÓN A RED

N.º: 03	Descripción: Estructuras y soportes	Medición	Precio Ud	Importe (€)
---------	-------------------------------------	----------	-----------	-------------

• Estructuras de soporte de la instalación fotovoltaica.

03.01 BGESU015	Estructura perfiles aluminio,inclinación 30°/35°,p/superf.horiz.Estructura de soporte de perfiles de aluminio reforzado de 5 mm de espesor, para el montaje de módulos fotovoltaicos de tipo enmarcado tanto en posición vertical como horizontal, ángulo de inclinación fijo de 30° o 35°, incluidas las sujeciones de los módulos con fijaciones de acero inoxidable, para colocar sobre superficies horizontales	1,00	5000,00	5000,00
03.02 A013H000	Ayudante electricista. Ayudante electricista 1.	24,00	14,68	352,32
03.03 A013H000	Ayudante electricista. Ayudante electricista 2.	32,00	14,68	469,76
03.04 A012H000	Oficial 1a electricista Oficial 1a electricista	32,00	16,18	517,76

Total. Capítulo 03 6339,86 €

Presupuesto total de la instalación.....45399,74 €

4. Planos de la instalación

FV

INSTALACION FOTOVOLTAICA DE UN CENTRO DEPORTIVO CON CONEXIÓN A RED



Composición de 5 ramas con 19 módulos en serie

