



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR D'ALCOI

Instalación fotovoltaica para un gimnasio con conexión a red.

Trabajo Fin de Grado
Grado en Ingeniería Eléctrica

Autor: Daniel Moreno Carretero

Tutor: Marcos Pascual Moltó

Curso: 2017/2018

El siguiente proyecto incluye los documentos:

Resumen.....	2
Memoria.....	6
Pliego de condiciones.....	65
Presupuesto.....	78
Planos.....	83

RESUMEN

El objetivo del presente proyecto es el estudio eléctrico y de viabilidad de una instalación fotovoltaica con conexión a red para las instalaciones deportivas de un gimnasio ubicado a las afueras de Tomelloso, municipio de la provincia de Ciudad Real.

El proyecto cuenta con cuatro documentos. La memoria, donde se encuentra la descripción de la instalación, cálculos justificativos y un estudio económico. El pliego de condiciones, presupuesto de la instalación y los planos de esta.

En primer lugar, se dará una visión general de la actual situación que existe en España en cuanto a energía solar y más concretamente a la energía solar fotovoltaica.

A continuación, se pasa al eje central del proyecto, donde se realiza una estimación de las necesidades eléctricas del gimnasio en función de las distintas épocas del año y la afluencia de abonados a las instalaciones. A partir de esta estimación se ha realizado un dimensionado para la instalación, con unos elementos actuales, eficientes y de precio ajustado. La instalación fotovoltaica contará con una potencia nominal de 20kW proporcionados por 4 series de 19 paneles cada una.

Una vez dimensionada la instalación, se ha procedido a realizar los cálculos pertinentes para obtener las protecciones adecuadas, la descripción de la estructura soporte de los módulos fotovoltaicos, que contará con protección antirrobo y también se hace un estudio económico de viabilidad.

Finalmente, se realiza el pliego de condiciones técnicas, el presupuesto donde se muestra una pequeña descripción de los materiales empleados y su precio y por último, los planos.

RESUM

L'objectiu del present projecte és l'estudi elèctric i de viabilitat d'una instal·lació fotovoltaica amb connexió a xarxa per a les instal·lacions esportives d'un gimnàs situat als afores de Tomelloso, municipi de la província de Ciutat Real.

El projecte compta amb quatre documents. La memòria, on es troba la descripció de la instal·lació, càlculs justificatius i un estudi econòmic. El plec de condicions, pressupost de la instal·lació i els plànols d'aquesta.

En primer lloc, es donarà una visió general de l'actual situació que existeix a Espanya pel que fa a energia solar i més concretament a l'energia solar fotovoltaica.

A continuació, es passa a l'eix central del projecte, on es realitza una estimació de les necessitats elèctriques del gimnàs en funció de les diferents èpoques de l'any i l'afluència d'abonats a les instal·lacions. A partir d'aquesta estimació s'ha realitzat un dimensionat per a la instal·lació, amb uns elements actuals, eficients i de preu ajustat. La instal·lació fotovoltaica comptarà amb una potència nominal de 20 kW proporcionats per 4 sèries de 19 panells cadascuna.

Un cop dimensionada la instal·lació, s'ha procedit a realitzar els càlculs pertinents per obtenir les proteccions adequades, la descripció de l'estructura suport dels mòduls fotovoltaics, que comptarà amb protecció antirobatori i també es fa un estudi econòmic de viabilitat.

Finalment, es realitza el plec de condicions tècniques, el pressupost on es mostra una petita descripció dels materials emprats i el seu preu i finalment, els plans.

ABSTRACT

The objectives of this project are the electrical study and the viability study of a grid-connected photovoltaic installation for the sports facilities of a gym located in the Tomelloso's outskirts, municipality of the province of Ciudad Real.

The project has four documents: The first one is the memory, where the description of the installation, justificatory calculations and an economic study are found. The other documents are the technical specifications, the budget and the technical drawings.

First, there is an overview of the current situation existing in Spain in terms of solar energy and more specifically photovoltaic solar energy.

Next, the central axis of the project is addressed, where an estimate of the electrical needs of the gym is made according to different seasons of the year and the influx of members to the facilities. From this estimate, a dimensioning has been made for the installation, with current, efficient and adjusted-price elements. The photovoltaic installation has a rated power of 20kW provided by 4 arrays of 19 panels.

Once the installation has been dimensioned, the pertinent calculations have been carried out to obtain the adequate protections. The description of the support structure of the photovoltaic modules, which will include anti-theft protection, and an economic feasibility study are also made.

Finally, the technical specifications, the Budget (including a small description of the materials used and their price) and the technical drawings are shown.

Palabras clave

Fotovoltaica, conexión a red, energía renovable, estimación energética, consumo eléctrico.

Paraules clau

Fotovoltaica, connexió a xarxa, energia renovable, estimació energètica, consum elèctric.

Keywords

Photovoltaics, grid connection, renewable energy, electric estimate, electric consumption.

1. Memoria

Índice memoria descriptiva

1. Aspectos generales	9
1.1 Objeto del proyecto.....	9
1.2 Ubicación.....	9
1.3 Descripción del Proyecto	9
1.4 Antecedentes.....	9
1.5 Contexto energético actual de las energías renovables en España	10
1.6 Justificación	11
1.7 Normativa	12
2. Estudio gasto eléctrico de las instalaciones	14
3. Descripción de la instalación fotovoltaica.....	22
3.1 Descripción general del sistema	22
3.2 Generador fotovoltaico.....	22
3.3 Paneles fotovoltaicos	23
3.3.1 Campo solar	23
3.3.2 Protecciones generales de la instalación fotovoltaica	23
3.3.3 Protecciones en la parte de corriente continua.	25
3.3.4 Protecciones de la parte de corriente alterna.....	26
3.3.5 Puesta a tierra	27
3.3.6 Fusibles.....	27
3.3.7 Monitor vigilante de derivaciones de corrientes continuas	27
3.3.8 Elementos de protección puestos a la salida del inversor y conexión con la empresa distribuidora.	28
3.4 Inversor CC/CA de conexión a red.....	28
4. Cálculos eléctricos y de la instalación.....	31
4.1 Producción energética	31

4.2	Placas fotovoltaicas	33
4.3	Inversor	35
4.4	Cables	36
4.4.1	Criterios de cálculo de secciones de conductores.....	36
4.4.2	Cableado instalación	37
4.5	Protecciones.....	40
5.	Estructura soporte	41
5.1	Descripción de la estructura.....	41
5.1.1	Estructura	41
5.1.2	Tornillería	42
5.2	Procedimiento de montaje	42
5.3	Sistema seguridad ante intento de robo.....	43
5.3.1	Implementación de bola de seguridad.	43
5.3.2	Aplicación de soldadura.....	44
6.	Justificación de la sobrecarga de la instalación.....	44
7.	Estudio económico	45
7.1	Presupuesto	45
7.2	Rentabilidad.....	45
7.2.1	Valor Actual Neto (VAN)	46
7.2.2	Tasa Interna de Rentabilidad (TIR).....	46
7.2.3	PAYBACK.....	47
8.	Conclusión del proyecto.....	49
	ANEXO 1: Ficha de características del inversor.....	50
	ANEXO 2: Ficha de características Smart Metter.....	59
	ANEXO 3: Ficha de características paneles fotovoltaicos.....	62

1. Aspectos generales

1.1 Objeto del proyecto

El presente proyecto tiene por objeto definir las condiciones técnicas y económicas para la ejecución de un sistema de generación de energía solar fotovoltaica conectada a la red de baja tensión. La potencia del campo solar será de 24,7 kWp, correspondiendo a una potencia neta de 20 kW nominales.

1.2 Ubicación

Las instalaciones deportivas se encuentran en la calle Hernán Cortés SN, esquina con la carretera de Argamasilla, en la localidad de Tomelloso, en la provincia de Ciudad Real. Las coordenadas de la instalación son: 39°10'14.2"N 3°01'15.8"W.

1.3 Descripción del Proyecto

Se trata de las instalaciones deportivas de un gimnasio, ya abastecido por la red eléctrica, el cual requiere un proyecto de una instalación fotovoltaica con conexión a red, con el objetivo de disminuir el consumo eléctrico en la medida de lo posible.

Se trata de unas instalaciones que cuentan con una gran superficie, de unos 1820 m² en total. Dispone de un tejado cuya superficie es plana, lo que facilitará la instalación de los paneles y su orientación e inclinación óptima. La superficie disponible para las placas cuenta con 780 m², por lo que no tendremos problemas a la hora de dimensionar la instalación.

1.4 Antecedentes

En España y en la Unión Europea, se está dando una gran proyección en cuanto al uso de las energías renovables. De tal manera que se prueba en el B.O.E con decretos como el Real Decreto 661/2007 donde se promueve la generación de electricidad mediante fuentes de energía renovables, el Real Decreto 1699/2011 que establece una serie de requisitos necesarios y procedimientos para la conexión a red de instalaciones productoras de energía eléctrica de pequeña potencia, el Real Decreto-ley 9/2013, donde se adoptan medidas urgentes que garanticen la estabilidad financiera del sistema eléctrico.

Gracias a los distintos compromisos internacionales de España con respecto a la reducción de emisiones de gases contaminantes, como los que generan efecto invernadero, a través del Protocolo de Kioto, se obliga a adoptar medidas para promocionar el uso de energías renovables. Es un protocolo cuya misión es combatir el cambio climático mediante una reducción en las emisiones causantes del efecto invernadero y sobrecalentamiento global del 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.

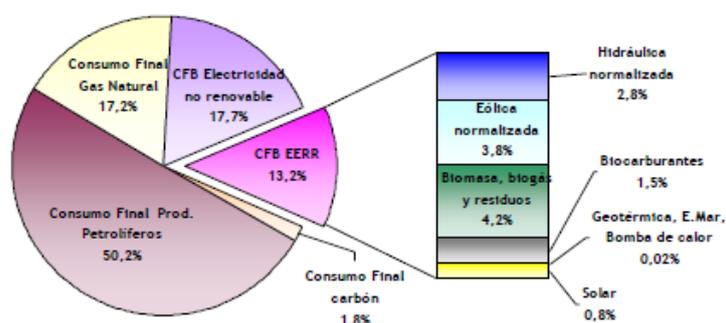
España, una vez agotado el período anterior del Plan de Fomento de las Energías Renovables 2000-2010 y por el mandato de la legislación actual, elaboró un nuevo Plan

para el período de 2011-2020. Se incluye el diseño de nuevos escenarios energéticos e incorporación de objetivos que sean acordes a las directivas estipuladas. Se establece un objetivo de consumo como cuota mínima del 20% de fuentes procedentes de las energías renovables. Este objetivo es el establecido también en la Unión Europea en el consumo final bruto de energía.

1.5 Contexto energético actual de las energías renovables en España

La política energética actual en entorno europeo tiene como ejes fundamentales la competitividad económica, el respeto por el medio ambiente y la seguridad en cuanto a suministro. En España, ha sido objetivo el desarrollo de las infraestructuras energéticas promoviendo el ahorro y la eficiencia energética de las energías renovables, así como la potenciación de la liberalización y el fomento de la transparencia en los mercados. Se han conseguido beneficios respecto a las energías renovables en relación a sus costes, que con el tiempo, tienden a ser cada vez más económicas gracias al avance tecnológico.

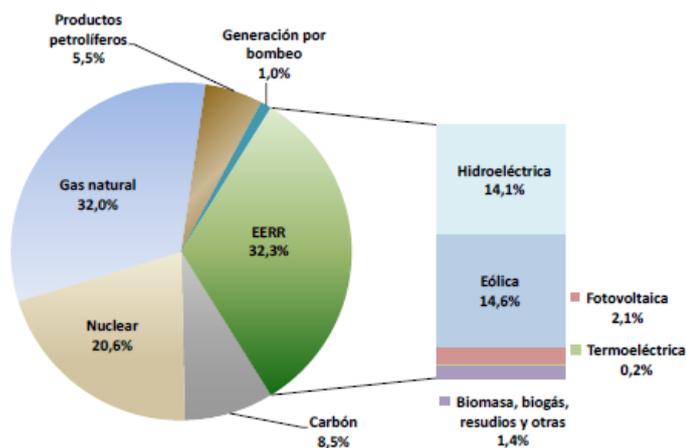
España ha dejado atrás la fase de lanzamiento de las energías renovables y se encuentra en la consolidación y desarrollo. Como resultado de la política de apoyo a las energías renovables, en el marco del Plan de Energías Renovables 2005-2010, el crecimiento de éstas durante los últimos años ha sido notable, y así, en términos de consumo de energía primaria, han pasado de cubrir una cuota del 6,3% en 2004 a alcanzar el 11,3% en 2010. Este porcentaje correspondiente al año 2010 se eleva al 13,2% si se calcula la contribución de las energías renovables sobre el consumo final bruto de energía, de acuerdo con la metodología establecida en la Directiva 2009/28/CE. El gráfico siguiente muestra la estructura de este consumo.



Gráfica 1. Consumo final bruto de energía en 2010. Fuente: PER 2011-2020.

En cuanto al papel de las renovables en la generación eléctrica, su contribución al consumo final bruto de electricidad pasado del 18,5% en 2004 al 29,2% en 2010. Estos datos corresponden a un año normalizado, pues los datos reales indican un crecimiento desde el 17,9% en 2004 hasta el 33,3% en 2010.

Por otro lado, la contribución de la electricidad renovable a la producción bruta de electricidad en España en 2010 fue de un 32,3% y su distribución por fuentes se puede observar en la siguiente gráfica.



Gráfica 2. Estructura de producción eléctrica 2010. Fuente: PER 2011-2020.

En España, la situación actual respecto a la energía solar es complicada, debido a lo que supuso el Real Decreto Ley 1/2012, cuando los procedimientos de retribución e incentivos económicos en las nuevas instalaciones fotovoltaicas se suspendieron de forma indefinida. Esto supone que las plantas fotovoltaicas que no estén inscritas en cupos no reciben primas, aunque se podrá vender la energía a precio de mercado.

Esto ha supuesto un retraso para el desarrollo de la energía solar, agravando la crisis del sector renovable que se inició en España en 2010. La situación provoca una contradicción entre los objetivos establecidos por la Unión Europea que impulsan las energías renovables y España, donde existe poca liberalización real del sector energético, impidiendo su desarrollo y la competitividad.

Pese a todo, cada año se instalan en España entre 40 y 60 MW nuevos, además de que en 2017 se adjudicaron más de 3500 MW en nuevas plantas fotovoltaicas que permitirán a España alcanzar los objetivos fijados por la Unión Europea para 2020.

1.6 Justificación

Fundamentalmente la justificación del proyecto es debida a que actualmente tendemos hacia una involución energética debido a la producción mediante combustibles fósiles, tornando muy interesante las energías provenientes de energías renovables. En nuestro caso, la energía solar fotovoltaica presenta una repercusión positiva en el sector energético global puesto que es una forma limpia de disminuir la dependencia de fuentes energéticas exteriores suponiendo también un gran ahorro monetario. Se cumple, además, con las directrices gubernamentales y objetivos internacionales de reducción de gases de efecto invernadero y todo ello con una rentabilidad y eficiencia cada vez más notable.

Según los datos incluidos por el Plan de Fomento de Energías Renovables, cada kWh producido con carbón provoca 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, por su potencia instalada y por su producción estimada de 26505kWh al año, evitará con su funcionamiento la emisión a la atmósfera de, aproximadamente, 10 toneladas de CO2 anuales.

1.7 Normativa

La elección de los materiales, el diseño, y el montaje de la instalación se realizará de acuerdo con lo estipulado en el proyecto básico de ejecución y a las normas y disposiciones legales vigentes:

- Ley 82/1990, 30 de diciembre, sobre Conservación de Energía.
- Centro de Estudios de la Energía. Ministerio de Industria y Energía, 1981 Madrid, Radiación Solar sobre Superficies Inclinadas.
- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Orden Ministerial, de 6 de Julio de 1984, por la que se aprueban las instrucciones técnicas complementarias del reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico, que deroga a la Ley 40/1994 de 30 de diciembre, de ordenación del Sistema Eléctrico Nacional.
- Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, sobre producción de energía eléctrica en régimen especial.
- Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, sobre regulación de la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.
- Real Decreto 1995/2000, 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para baja tensión y las ITC correspondientes.

- 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.
- Demás condiciones impuestas por los Organismos públicos afectados y ordenanzas Municipales.

2. Estudio gasto eléctrico de las instalaciones

La instalación fotovoltaica se realizará en un gimnasio con diferentes necesidades eléctricas en función de la época del año y el variante número de abonados. Por tanto, se ha realizado una estimación de cada mes, ya que cada uno tiene una serie de días laborales y un distinto uso de las instalaciones que requieren un determinado consumo eléctrico.

El gimnasio cuenta con las iluminarias y máquinas mostradas en la tabla 1, donde se detallan las unidades de estas y su potencia:

EQUIPOS	DESCRIPCIÓN	UNIDADES	POTENCIA (W)
<i>Luminaria vestuarios</i>	Lámpara fluorescente	14	18
<i>Secador</i>	Ventilador de aire caliente	4	500
<i>Luminarias zona descanso</i>	Lámpara fluorescente	4	18
<i>Máquina expendedora 1</i>	Expendedora de café	1	1400
<i>Máquina expendedora 2</i>	Expendedora refrescos snacks	1	650
<i>TV</i>	TV de LED 50"	1	86
<i>Luminaria sala multiusos</i>	Lámpara fluorescente	14	18
<i>Luminaria sala artes marciales</i>	Lámpara fluorescente	8	18
<i>Luminaria sala spinning</i>	LED RGB	2	16
<i>Luminaria sala conferencia</i>	Lámpara fluorescente	8	18
<i>Proyector</i>	Proyector full hd	1	330
<i>Ordenador</i>	Sobremesa con pantalla	2	400
<i>Equipo de música</i>	Música	1	500
<i>Router</i>	Router wifi	1	6
<i>Aire acondicionado</i>	Aire frío y caliente	2	1500
<i>Impresora</i>	Impresora	1	25
<i>Luminaria zona máquinas</i>	Lámpara fluorescente	30	18
<i>Cinta correr</i>	Cinta de correr	4	3600

Tabla 1. Equipos de las instalaciones.

El gimnasio cuenta con unas instalaciones muy iluminadas, ya que dispone de grandes ventanales en prácticamente toda la fachada exterior, por lo que las iluminarias se utilizarán principalmente en los meses de poca luz y en las primeras y últimas horas de la jornada del gimnasio, el cual abre de lunes a viernes de 8:00 a 23:00 y los sábados por la mañana de 8:00 a 14:00. Una vez mostrada la lista de aparatos y recibida la información por parte del cliente de las horas de funcionamiento de cada época del año, teniendo en cuenta domingos y festivos, hemos obtenido las siguientes tablas:

EQUIPOS	Enero			Febrero		
	Horas día	Horas mes	Consumo (kwh)	Horas día	Horas mes	Consumo (kwh)
<i>Luminaria vestuarios</i>	3,5	84	21,168	3,5	77	19,404
<i>Secador</i>	1,5	36	72	1,5	33	66
<i>Luminarias zona descanso</i>	6	144	10,368	6	132	9,504
<i>Máquina expendedora 1</i>	10	240	336	10	220	308
<i>Máquina expendedora 2</i>	15	360	234	15	330	214,5
<i>TV</i>	8	192	16,512	8	176	15,136
<i>Luminaria sala multiusos</i>	6	144	36,288	6	132	33,264
<i>Luminaria sala artes marciales</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 conferencia</i>	2	48	6,912	2	44	6,336
<i>Proyector</i>	2	48	15,84	2	44	14,52
<i>Ordenador (2 Uds)</i>	9	216	172,8	9	198	158,4
<i>Equipo de música</i>	15	360	180	15	330	165
<i>Router</i>	24	576	3,456	24	528	3,168
<i>Aire acondicionado</i>	2	48	144	2	44	132
<i>Impresora</i>	0,5	12	0,3	0,5	11	0,275
<i>Luminaria zona máquinas</i>	6	144	77,76	6	132	71,28
<i>Cinta correr (4 Uds)</i>	6	144	2073,6	5	110	1584
	Consumo total (kwh/mes)		3426,348	Consumo total (kwh/mes)		2824,019
	Días abierto		24	Días abierto		22

Tabla 2. Gasto energético meses enero y febrero.

EQUIPOS	Marzo			Abril		
	Horas día	Horas mes	Consumo (kwh)	Horas día	Horas mes	Consumo (kwh)
<i>Luminaria vestuarios</i>	2,5	55	13,86	2,5	57,5	14,49
<i>Secador</i>	1,5	33	66	1,5	34,5	69
<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>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 artes marciales</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 conferencia</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	165	15	345	172,5
<i>Router</i>	24	528	3,168	24	552	3,312
<i>Aire acondicionado</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Impresora</i>	0,5	11	0,275	0,5	11,5	0,2875
<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)		2686,475	Consumo total (kwh/mes)		2784,6675
	Días abierto		22	Días abierto		23

Tabla 3. Gasto energético meses marzo y abril.

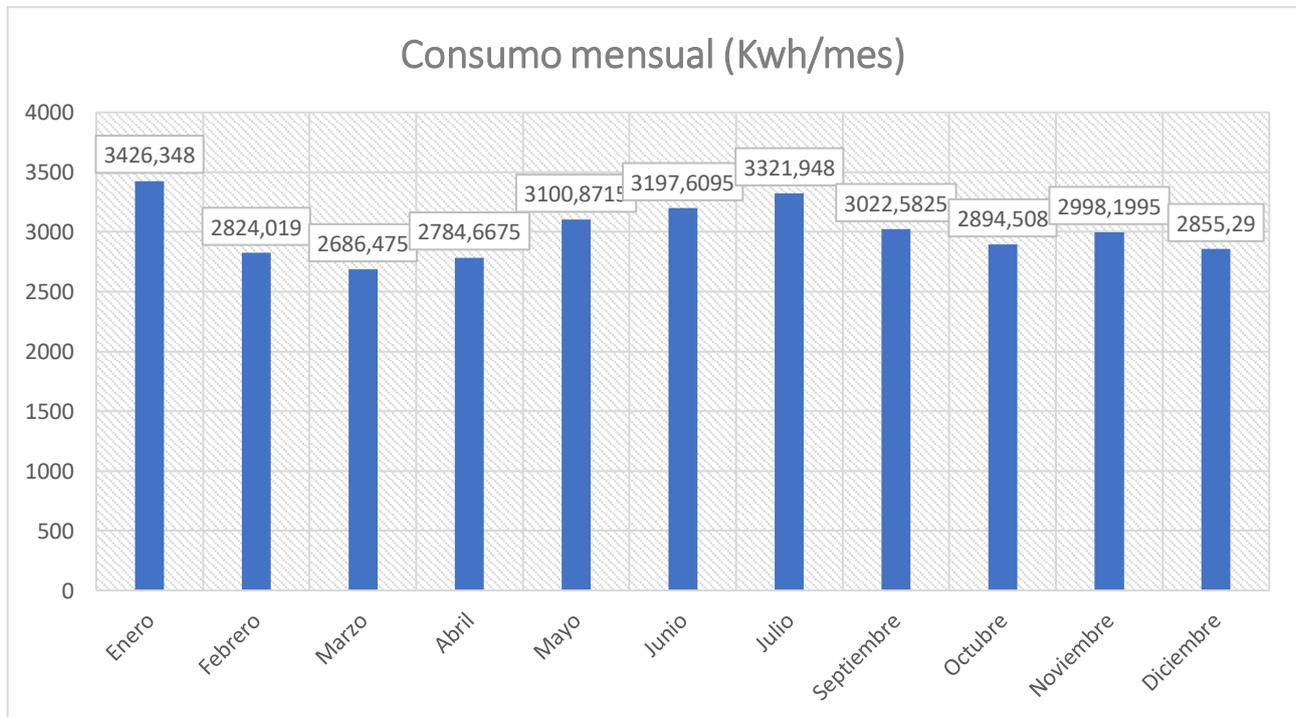
EQUIPOS	Mayo (23 días abierto)			Junio (23 días abierto)		
	Horas día	Horas mes	Consumo (kwh)	Horas día	Horas mes	Consumo (kwh)
<i>Luminaria vestuarios</i>	2,5	57,5	14,49	1,5	34,5	8,694
<i>Secador</i>	1,5	34,5	69	1,5	34,5	69
<i>Luminarias zona descanso</i>	5	115	8,28	3	69	4,968
<i>Máquina expendedora 1</i>	10	230	322	10	230	322
<i>Máquina expendedora 2</i>	15	345	224,25	15	345	224,25
<i>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 artes marciales</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 conferencia</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	172,5	15	345	172,5
<i>Router</i>	24	552	3,312	24	552	3,312
<i>Aire acondicionado</i>	4	92	276	6	138	414
<i>Impresora</i>	0,5	11,5	0,2875	0,5	11,5	0,2875
<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)		3100,8715	Consumo total (kwh/mes)		3197,6095
	Días abierto		23	Días abierto		23

Tabla 4. Gasto energético meses mayo y junio.

EQUIPOS	Julio (24 días abierto)			Agosto (21 días abierto)		
	Horas día	Horas mes	Consumo (kwh)	Horas día	Horas mes	Consumo (kwh)
<i>Luminaria vestuarios</i>	1,5	36	9,072	1,5	31,5	7,938
<i>Secador</i>	1,5	36	72	1,5	31,5	63
<i>Luminarias zona descanso</i>	2	48	3,456	2	42	3,024
<i>Máquina expendedora 1</i>	10	240	336	10	210	294
<i>Máquina expendedora 2</i>	15	360	234	15	315	204,75
<i>TV</i>	8	192	16,512	8	168	14,448
<i>Luminaria sala multiusos</i>	3	72	18,144	3	63	15,876
<i>Luminaria sala artes marciales</i>	3	72	10,368	3	63	9,072
<i>Luminaria sala spinning</i>	5	120	3,84	5	105	3,36
<i>Luminaria sala conferencia</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	157,5	126
<i>Equipo de música</i>	15	360	180	15	315	157,5
<i>Router</i>	24	576	3,456	24	504	3,024
<i>Aire acondicionado</i>	6	144	432	6	126	378
<i>Impresora</i>	0,5	12	0,3	0,5	10,5	0,2625
<i>Luminaria zona máquinas</i>	2	48	25,92	2	42	22,68
<i>Cinta correr (4 Uds)</i>	5	120	1728	3	63	907,2
	Consumo total (kwh/mes)		3321,948	Consumo total (kwh/mes)		2210,1345
	Días abierto		24	Días abierto		21

Tabla 5. Gasto energético meses julio y agosto.

A modo de resumen y para clarificar los valores estimados, podemos visualizarlo todo de forma más rápida en la siguiente gráfica:



Gráfica 3. Resumen consumo mensual.

La demanda total anual la obtenemos a partir de la suma del gasto energético realizado cada mes, obteniendo un valor de 33112 kWh, y un gasto promedio de 2759 kWh por mes.

Como podemos observar, los meses con mayor gasto energético son los de verano, debido a los gastos por climatización mediante aire acondicionado. Exceptuando enero, donde además de un mayor gasto por iluminación ha tenido un mayor número de días laborales en el año de estimación.

3. Descripción de la instalación fotovoltaica

3.1 Descripción general del sistema

La energía solar fotovoltaica consiste en transformar la energía solar en energía eléctrica mediante el fenómeno “efecto fotoeléctrico”, en el que los fotones de la energía impactan con electrones, arrancando sus átomos. El electrón al moverse en el proceso genera la corriente eléctrica, esto se produce en las células de las placas fotovoltaicas.

Esta energía eléctrica, producida en corriente continua se transforma en corriente alterna gracias a un inversor, el cual transforma la energía con unas características adecuadas para su posterior inyección a la red de transporte y distribución. Los componentes principales de estos sistemas son:

- Paneles fotovoltaicos, que forman el campo solar. Convierten la energía solar en energía eléctrica.
- Inversor de conexión a red para el acondicionamiento de potencia. Es el encargado de transformar la corriente continua producida por los paneles a corriente alterna perfectamente sincronizada con la red.

Además de estos componentes principales, el sistema cuenta con otros como son el sistema de conexión a la red eléctrica general, las protecciones del campo solar, las protecciones de los circuitos de alterna, la estructura soporte de los módulos, etc.

3.2 Generador fotovoltaico

El campo solar estará formado por 76 módulos fotovoltaicos de la marca Atersa, modelo A-300, con una potencia pico de 300W. Se utilizará un inversor Fronius Symo 20.0-3-M de 20 kW.

Toda la instalación se asentará sobre estructura metálica fija, quedando el módulo con una inclinación de 30°, ángulo obtenido en el apartado 5 y orientadas hacia el sur.

Las filas de paneles estarán a una distancia superior a la calculada con el fin de evitar al máximo el sombreado de estas, siendo finalmente una distancia de 2.43 metros. Esta distancia, que viene marcada por la latitud del lugar de instalación, debe garantizar un mínimo de 4 horas de sol en torno al mediodía del solsticio de invierno.

La superficie neta ocupada sobre la cubierta para la instalación solar fotovoltaica será aproximadamente de 780 m².

Las características nominales y de operación del generador solar son:

- Potencia máxima: 22800 W.
- Potencia nominal: 20000 W.

3.3 Paneles fotovoltaicos

El panel fotovoltaico a utilizar en la instalación objeto de este proyecto será el ATERSA A-300 de 300W.

Están constituidos por 76 células en serie de 156x156 mm monocristalina, con cristal delantero ultra claro de 3,2mm con una eficiencia de 15,42% por módulo, lo que asegura una producción que se extiende desde el amanecer hasta el atardecer, aprovechando toda la potencia útil posible que nos es suministrada por el sol.

El resto de las especificaciones las tenemos en el anejo 3.

3.3.1 Campo solar

La instalación solar fotovoltaica de 20 kW nominales estará constituida por 76 módulos fotovoltaicos Atersa A-300W, conectados a un inversor Fronius Symo 20.0-3-M de 20 kW mediante una configuración de 2 ramas en paralelo de 19 módulos en serie cada una. A continuación, se exponen las condiciones de trabajo del campo solar, a una temperatura de 25°C y bajo condiciones extremas de 70°C y -13,8°C:

- Vmpp: 36.52 V
- Voc: 44.97 V
- Imp: 8,21 A
- Icc: 8.89 A
- Vmppt: 800 V
- Vmax inversor: 1000 V
- Imax inversor: 33 A

3.3.2 Protecciones generales de la instalación fotovoltaica

La instalación proyectada cumple con todas las consideraciones técnicas expuestas en el Real Decreto 1699/2011, así como la propuesta de seguridad del pliego técnico del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía contará con los siguientes elementos de protección para la instalación:

1. Interruptor general manual, interruptor magnetotérmico o diferencial con intensidad de cortocircuito superior a la indicada por la empresa distribuidora en el punto de conexión. Este interruptor será accesible a la empresa distribuidora en todo momento, con objeto de poder realizar la desconexión manual.
2. Interruptor automático diferencial, como protección contra derivaciones en la parte alterna de la instalación.
3. Interruptor automático de conexión controlado por software, controlador permanente de aislamiento, aislamiento galvánico y protección frente a funcionamiento en isla, incluido en el inversor.
4. Puesta a tierra del marco de los módulos y de la estructura.

5. Puesta a tierra de la carcasa del inversor.
6. Aislamiento clase II en todos los componentes: módulos, cableado, cajas de conexión, etc.
7. Fusible en cada polo del generador fotovoltaico, con función seccionadora.

En la instalación se tendrán en cuenta además los siguientes puntos adicionales con objeto de optimizar la eficiencia energética y garantizar la absoluta seguridad del personal:

- a) Todos los conductores serán de cobre, y su sección será la suficiente para asegurar que las pérdidas de tensión en cables y cajas de conexión sean inferiores al 1,5% en el tramo de corriente continua y al 2% en el tramo de corriente alterna. Todos los cables serán adecuados para uso en intemperie, al aire o enterrado (UNE 21123).
- b) La red de distribución estará formada por el conjunto de conductores - agrupación de ternos, 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 en lo que a conducciones de cable se refiere. Así:
 - Para alturas con respecto al suelo inferiores a 2,5 m, el cableado discurrirá en tubo de acero, que será puesto a la tierra del sistema.
 - Cuando discurra en zanja, lo hará dentro de tubo y ésta dentro de tubo y ésta tendrá una profundidad mínima de 60 cm, con aviso de 20 cm por encima del cable.

Se realizará una única toma de tierra tanto de la estructura soporte del generador fotovoltaico, como de la borna de puesta a tierra del inversor, con el fin de no crear diferencias de tensión peligrosas para las personas con la realización de diversas tomas de tierra. Todas las masas de la instalación fotovoltaica, tanto de la parte de continua como de la parte de alterna se conectarán a la misma tierra, siendo ésta independiente de la del neutro de la empresa distribuidora.

La superficie del conductor de protección será como mínimo la del conductor de fase correspondiente.

Se utilizarán cables de la sección adecuada en función de las intensidades admisibles y las caídas de tensión mencionadas anteriormente.

Se utilizarán canalizaciones siguiendo la ITC-BT-21, tabla 2 y de tal forma que la superficie del tubo sea 2,5 veces superior a la suma de los cables que contiene, para tramos fijos en superficie. Estas canalizaciones deberán cumplir con la norma UNE-EN 50.086, en cuanto a características mínimas.

3.3.3 Protecciones en la parte de corriente continua.

Es la parte correspondiente al generador fotovoltaico.

a) Cortocircuitos:

El cortocircuito es un punto de trabajo no peligroso para el generador fotovoltaico, ya que la corriente está limitado a un valor muy cercano a la máxima de operación normal del mismo. El cortocircuito puede, sin embargo, ser perjudicial para el inversor. Como medio de protección se incluyen, en cada polo, fusibles de 32 A, que actúan también como protección contra sobrecargas.

Para las personas es peligrosa la realización / eliminación de un cortocircuito franco en el campo generador, por pasar rápidamente del circuito abierto al cortocircuito, lo que produce un elevado arco eléctrico, por la variación brusca en la corriente. Como medida de protección para las personas frente a este caso, es sin embargo recomendable, la conducción separada del positivo y del negativo. Así se evita la realización / eliminación accidental de un cortocircuito producido por daños en el aislamiento del cable.

b) Sobrecargas:

Aunque el inversor obliga a trabajar al generador fotovoltaico fuera de su punto de máxima potencia si la potencia de entrada es excesiva, se introducen en cada polo del sistema fusibles tipo gG normalizados según EN 60269 con la función adicional de facilitar las tareas de mantenimiento.

Se utilizarán fusibles de corriente suficientemente superior a 8,21 A. Así, serán de un mínimo de 16 A.

c) Contactos directos e indirectos:

El generador fotovoltaico se conectará en modo flotante, proporcionando niveles de protección adecuados frente a contacto directo e indirecto, siempre y cuando la resistencia de aislamiento de la parte continua se mantenga por encima de unos niveles de seguridad y no ocurra un primer defecto a masas o tierra. En este último caso, se genera una situación de riesgo, que se soluciona mediante:

- Aislamiento clase II de los módulos fotovoltaicos, cables y cajas de conexión. Estas últimas, contarán además con llave y estarán dotadas de señales de peligro eléctrico.
- Controlador permanente de aislamiento, integrado en el inversor, que detecte la aparición de un primer fallo, cuando la resistencia de aislamiento sea inferior a un valor determinado. Esta tensión es la mayor que puede alcanzar el generador fotovoltaico, por lo que constituye la condición de mayor peligro eléctrico.

Con esta condición se garantiza que la corriente de defecto va a ser inferior a 30 mA, que marca el umbral de riesgo eléctrico para las personas. El inversor detendrá su funcionamiento y se activará una alarma visual en el equipo.

d) Sobreteniones:

Sobre el generador fotovoltaico, se pueden generar sobreteniones de origen atmosférico de cierta importancia. Por ello, se protegerá la entrada CC del inversor, mediante dispositivos bipolares de protección clase II, válidos para la mayoría de los equipos conectados a la red. Estos dispositivos tienen un tiempo de actuación bajo de 25 ns y una corriente máxima de actuación de 15 kA, con una tensión residual inferior a 2kV. El dispositivo tendrá una tensión de operación entre 420 y 800 V. No se hace necesaria la protección de cables, tubos, contadores, etc., por permitir estos valores más altos de tensión residual (4-6 kV)

3.3.4 Protecciones de la parte de corriente alterna

Es la parte correspondiente desde la salida del inversor hasta el punto de conexión.

a) Cortocircuitos y sobrecargas:

Según Real Decreto 1699/2011 es necesario incluir un interruptor de corte, que será un interruptor magnetotérmico omnipolar con poder de corte superior a la corriente de cortocircuito indicada por la empresa distribuidora en el punto de conexión.

El interruptor, ubicado en el cuadro de nuestra instalación fotovoltaica, deberá ser accesible únicamente a la empresa distribuidora, para así poder realizar la desconexión manual permitiendo la realización, de forma segura, de las labores de mantenimiento para la red de la compañía eléctrica.

Así, este segundo magnetotérmico actuará antes que el interruptor general manual, salvo cortocircuitos de cierta importancia provenientes de la red de la compañía. Se utilizarán magnetotérmicos tipo C, los más utilizados cuando no existen corrientes de arranque de consumo elevadas. Debe cumplir la norma EN 60269 para protección contra sobrecargas.

b) Fallos a tierra:

La instalación contará con diferencial de 30 mA de sensibilidad en la parte de corriente alterna, para proteger de derivaciones en este circuito. Con el fin de que sólo actúe por fallos a tierra, será de una corriente asignada superior a la del magnetotérmico de protección.

c) Protección de la calidad del suministro:

En la ITC-BT-40 se recogen algunas especificaciones relacionadas con la calidad de la energía inyectada a red en instalaciones generadoras, que se especifican con más detalle en el Real Decreto 1699/2011.

Para la desconexión-conexión automática de la instalación fotovoltaica en caso de pérdida de tensión o frecuencia de la red, junto a un relé de enclavamiento. Los valores de actuación para máxima y mínima frecuencia, máxima y mínima tensión serán de 51 Hz, 49 Hz, $1,1xV_{mpp}$ y $0,85xV_{mpp}$, respectivamente.

El rearme del sistema de conmutación y, por tanto, de la conexión con la red de baja tensión de la instalación fotovoltaica será automático, una vez restablecida la tensión de red por la empresa distribuidora. Podrán integrarse en el equipo inversor las funciones de protección de máxima y mínima tensión y de máxima y mínima frecuencia y en tal caso las maniobras automáticas de desconexión-conexión serán realizadas por éste.

Éste sería el caso que nos ocupa, ya que los inversores Fronius Symo tienen estas protecciones incluidas.

- Protección galvánica

Entre la red de distribución de baja tensión y las instalaciones fotovoltaicas, por medio, en nuestro caso, de un transformador de aislamiento incluido en el inversor.

- Funcionamiento en isla

El interruptor automático de la interconexión impide este funcionamiento, peligroso para el personal de la Compañía Eléctrica Distribuidora (CED). Además, el inversor se desconecta automáticamente cuando detecta un fallo de tensión de red.

3.3.5 Puesta a tierra

Tanto la estructura de los paneles del generador fotovoltaico como la del inversor estarán conectadas a tierra, independientemente del neutro de la empresa distribuidora, de acuerdo con el reglamento electrotécnico para baja tensión y el Real Decreto 1699/2011 donde se regula la conexión a red de instalaciones fotovoltaicas de pequeña (Artículo 15). La disposición de las picas de tierra se ajustará al reglamento electrotécnico en baja tensión.

3.3.6 Fusibles

En el lado de continua se pondrán fusibles de protección de 32 A, colocados en una base portafusible seccionable (caja general de protección del campo solar), cada fusible protegerá los conductores de salida positivos de cada uno de los grupos de paneles solares en serie.

Cada rama de 19 paneles en serie tiene como máxima corriente funcionando en potencia nominal por lo que con fusibles de 32A sería más que suficiente para la protección de las líneas.

3.3.7 Monitor vigilante de derivaciones de corrientes continuas

El sistema lleva un monitor vigilante de derivaciones de corrientes continuas, el cual actuará cuando en el lado de continua de paneles se presente una derivación. El dispositivo lo lleva integrado el mismo inversor.

3.3.8 Elementos de protección puestos a la salida del inversor y conexión con la empresa distribuidora.

Además del pulsador de modo paro/marcha incorporado en los inversores, se añadirá un interruptor general magnetotérmico diferencial de 30 mA (UNE EN 61009, seccionador para protección contra derivaciones, sobrecargas y cortocircuitos), y se pondrá un interruptor general manual que será accesible a la empresa distribuidora en la caja general de protección (CGP), de tal forma que pueda realizarse la desconexión manual desde el exterior.

Cumplirán todo lo recogido en la ITC-BT-16 y en el RD 1699/2011. Así:

Se instalarán dos contadores unidireccionales (o uno bidireccional) ajustados a la normativa metrológica vigente y su precisión deberá ser como mínimo la correspondiente a la de clase de precisión II, regulada por el Real Decreto 244/2016, de 22 de diciembre

Los contadores serán seleccionados entre las marcas homologadas por la compañía eléctrica distribuidora, siendo, además, certificados por la misma.

Desde que es emitida la solicitud de características técnicas y conexión a la empresa distribuidora, se iniciará el proceso de trámite de conexión, y puede tardar unos meses, en el que podrá realizarse reajustes técnicos (en lo que concierne a este apartado del presente proyecto) exigidos por la empresa distribuidora durante o después de la instalación, hasta obtener la firma del contrato de compraventa de energía y el registro definitivo en régimen especial.

3.4 Inversor CC/CA de conexión a red

Los inversores de conexión a red tienen la capacidad de inyectar a la red eléctrica comercial de AC, la energía producida por un generador fotovoltaico de corriente continua, convirtiendo la señal en perfecta sincronía con la red.

El inversor que se va a utilizar en esta instalación solar fotovoltaica es Fronius Symo 20.0-3-M, cuyas características se encuentran en el anexo 1.

El Fronius Symo es un inversor trifásico, cuya tensión de entrada oscila 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.

Todos los inversores Fronius Symo cumplen con todos los reglamentos y normas necesarias.

Los inversores de conexión a red Fronius Symo disponen de un sistema de control que permite un funcionamiento completamente automatizado. Comprenden las siguientes características de funcionamiento:

1. Seguimiento del punto de máxima potencia (MPP)

Debido a las especiales características de producción de energía de los módulos fotovoltaicos, estos varían su punto de máxima potencia según la radiación y la temperatura de funcionamiento de la célula. Por este motivo el inversor debe ser capaz de hacer trabajar al campo solar en el punto de máxima potencia, y contar con un rango de tensiones de entrada bastante amplio.

2. Características de la señal generada.

La señal generada por el inversor está perfectamente sincronizada con la red respecto a frecuencia, tensión y fase a la que se encuentra conectado y reducción de armónicos de señal de intensidad y tensión.

3. Protecciones

- a) Protección para la interconexión de máxima y mínima frecuencia: Si la frecuencia de la red está fuera de los límites de trabajo (49.5 Hz – 50.5 Hz), el inversor interrumpe inmediatamente su funcionamiento, pues esto indicaría que la red es inestable o está en modo isla, hasta que dicha frecuencia se encuentre dentro del rango admisible.
- b) Protección para la interconexión de máxima o mínima tensión: Si la tensión de red se encuentra fuera de los límites de trabajo, el inversor interrumpe su funcionamiento, hasta que dicha tensión se encuentre dentro del rango 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 se encuentra en situación de cortocircuito, en este caso, el inversor se desconecta por completo y espera a que se restablezca la tensión en la red para reiniciar de nuevo su funcionamiento.
- d) Tensión del generador fotovoltaico baja: Es la situación en la que se encuentra durante la noche, o si se desconecta el generador solar. Por tanto, el inversor no puede funcionar.
- e) Intensidad del generador fotovoltaico insuficiente: El inversor detecta la tensión mínima de trabajo de los generadores fotovoltaicos a partir de un valor de radiación solar muy bajo (2-8 mW/cm²), dando así la orden de funcionamiento o parada para el valor de intensidad mínima de funcionamiento.
- f) El inversor dispone de una separación galvánica entre la red de distribución de baja tensión y el generador fotovoltaico, a través de transformador de aislamiento toroidal (norma UNE 60742), además de que protege las derivaciones de corriente que puedan producirse en el lado de continua (campo solar de paneles), asegurando que la salida de 400 Vac está totalmente aislada de los paneles.
- g) Temperatura elevada: El inversor dispone de refrigeración forzada con termostato proporcional que controla la velocidad de los ventiladores.
- h) El inversor incluye dos interruptores magnetotérmicos, de entrada de panel (DC) y de salida a la Red (AC).



Muchos de los inversores disponibles en la actualidad reducen el régimen de producción eléctrica cuando la temperatura ambiente supera incluso los 25°C para protegerse del sobrecalentamiento, desperdiciando cantidades muy significativas de energía. Esto puede reducir los ingresos por producción en varios miles de euros al año. Con el Fronius Symo esta degradación a altas temperaturas no existe con lo cual la producción no se ve alterada y los ingresos económicos no se ven disminuidos.

Las pérdidas de producción debido al sombreado parcial del campo de paneles se ven reducidas considerablemente al utilizar el Fronius Symo. Los sistemas de alto voltaje son muy sensibles al sombreado parcial y su producción disminuye drásticamente cuando se proyectan sombras, por pequeñas que sean.

4. Cálculos eléctricos y de la instalación

Queremos dimensionar una planta fotovoltaica para un gimnasio conectado a la red pública de baja tensión mediante medición neta. El gimnasio está conectado a la red pública con una potencia de 25 kW y tiene un consumo medio anual de alrededor de 33100 kWh. En el tejado, al ser horizontal, utilizaremos unos soportes para colocar las placas con una inclinación de 30°, ángulo obtenido a partir de la siguiente ecuación:

$$I_{op} = 3.7 + 0.69 \cdot (latitud)$$

Donde:

- I_{op} es la inclinación óptima.
- $latitud$ es 39°, la latitud en la que se encuentra nuestra instalación.

También hemos de tener en cuenta la separación que existe entre las filas de placas para no producir sombreado entre unas y otras. La expresión a utilizar para el cálculo de la distancia entre filas es la siguiente:

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

Donde:

- d es la distancia entre filas.
- h es la altura máxima del obstáculo.
- $latitud$ es de 39° para el caso de Tomelloso.

La altura h la podemos obtener mediante trigonometría, siendo h igual a la altura de los paneles por el seno del ángulo de inclinación, 30° en nuestro caso. Por lo que para una altura de:

$$h = longitud\ panel \cdot \sin(30^\circ) = 1,965 \cdot \sin(30^\circ) = 0.9825\ m$$

$$d = \frac{0.9825}{\tan(61 - 39)} = 2.43\ m$$

El tamaño decidido para la planta es de 20kWp, ya que la máxima potencia que alcanzan las instalaciones del gimnasio son aproximadamente 22,8kW, satisfaciendo así la demanda de electricidad del usuario en la medida de lo posible.

4.1 Producción energética

Para estimar la producción anual de nuestra planta fotovoltaica nos basaremos en los datos obtenidos de la JRC *European commission*. La estimación de la energía obtenida se calculará para una potencia máxima dada por los paneles de 1kWp y todos los datos climatológicos que utiliza dicha comisión de estudios europea. Hemos obtenido los valores mostrados en la tabla 8: Estimación de la producción energética, Donde:

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

En la tabla podemos observar que la producción anual para un panel de 1kWp será de 1550 kWh, con una producción media mensual de 98.8 kWh en diciembre, mes más desfavorable, hasta los 164 kWh que se alcanzan en julio, donde hay mayor irradiación solar.

Por tanto, podemos estimar que nuestra producción anual será la obtenida mediante la siguiente expresión, considerando una eficiencia de los componentes de la planta de 0,75:

$$E_p = P_{pico} \cdot P_{anual} \cdot \eta = 22,8 \cdot 1550 \cdot 0,75 = 26505 kWh$$

Donde:

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

MES	E _d	E _m
Enero	2.97	92.1
Febrero	3.91	110
Marzo	4.46	138
Abril	4.55	136
Mayo	4.69	145
Junio	5.06	152
Julio	5.29	164
Agosto	5.15	160
Septiembre	4.65	140
Octubre	4.12	128
Noviembre	3.25	97.6
Diciembre	2.90	89.8
Media anual	4.25	129
Total anual	1550	

Tabla 8. Estimación de la producción energética.

Con lo que no obtendremos suficiente energía como para abastecer completamente el consumo eléctrico, pero que supondrá un descenso notable en el consumo de la red eléctrica, obteniendo un ahorro energético.

4.2 Placas fotovoltaicas

En nuestra instalación vamos a utilizar unos paneles fotovoltaicos monocristalinos, ya que tienen una tarifa de eficacia más alta que los policristalinos y una vida útil más larga que el resto de los paneles solares.

El número de paneles y su disposición lo podemos obtener a partir de la relación que existe entre la potencia máxima de nuestra instalación y la potencia de los paneles escogidos:

$$\frac{24233}{300} = 80,77 \text{ paneles}$$

En nuestro caso, utilizaremos en total 76 paneles de 300 W, organizados en cuatro filas de 19 paneles en serie cada una, hemos escogido este número de paneles para asegurar un óptimo funcionamiento entre los paneles y el inversor, como veremos más adelante.

Las características principales de nuestros paneles vienen indicadas por el fabricante Atersa, son las mostradas 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
- Coeficiente de temperatura P_{MPP} : -0,43%/°C
- Coeficiente de temperatura U : -0,32%/°C
- Dimensiones: 1965x990x40
- Área: 1,95 m²

Por tanto, la superficie total cubierta por los paneles debe ser de $1,95 \times 76 \approx 148,2$ m², lo que no supondrá ningún problema debido a la superficie de la que disponemos.

El rango de temperaturas que presupondremos se encontrará entre los -13,8 °C (mínima temperatura histórica según Aemet el 3 de enero de 1970) y una temperatura máxima de 70 °C al sol. La temperatura relevante para las condiciones de prueba estándar es de alrededor de 25 °C, calcularemos a continuación la variación de estos datos al tener en cuenta los casos extremos. Los cálculos se obtendrán a partir de la siguiente expresión:

$$V_{oc}(T) = V_{oc, stc} - N_s \cdot \beta \cdot (25 - T_{cel})$$

Donde:

- β es el coeficiente de variación de la tensión con la temperatura y depende de la tipología del módulo fotovoltaico.
- N_s es el número de células en serie del módulo.
- $V_{oc, stc}$ es el voltaje en las condiciones estándar.
- T_{cel} es la temperatura de la celda.

Por tanto, procederemos a calcular la tensión sin carga máxima, tomando como datos la tensión sin carga aportada por el fabricante, el coeficiente de temperatura U y la temperatura mínima de -13,8 °C que estamos considerando.

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

Para el cálculo de la tensión mínima MPP, tendremos que considerar la temperatura máxima de 70 °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 °C

$$Tensió\ m\acute{a}xima\ MPP = 36,52 + 0,32 \cdot (25 + 13,8) = 40,10\ V$$

Las características eléctricas de cada cadena serán:

- Tensión MPP: $19 \cdot 36,52 = 693,88\ V$
- Intensidad MPP: $8,21\ A$
- Intensidad de cortocircuito máxima: $1,25 \cdot 8,89 = 11,11\ A$
- Tensión sin carga máxima: $19 \cdot 48,77 = 926,63\ V$
- Tensión mínima MPP: $19 \cdot 22,12 = 420,28\ V$
- Tensión máxima MPP: $19 \cdot 40,10 = 761,9\ V$

Datos que tendremos en cuenta posteriormente para elegir un inversor adecuado.

4.3 Inversor

Los inversores de conexión a red tienen la capacidad de inyectar en a la red eléctrica comercial de AC, la energía producida por un generador fotovoltaico de CC, convirtiendo la señal en perfecta sincronía con la red.

El inversor que se va a utilizar en esta instalación solar fotovoltaica es Inversor Fronius Symo 20.0-3-M, cuyas características técnicas se muestran en el anexo 1.

El inversor Fronius es un inversor trifásico, de potencia nominal 20kW, con lo que se adaptaría a nuestras necesidades, ya que la máxima salida del generador fotovoltaico es de 30kW pico, su tensión de entrada en continua oscila entre 420 V a 800 V y la salida en alterna es de 400 V y 50Hz. Dicho inversor está preparado para trabajar en paralelo con la red. Todos los inversores Fronius Symo cumplen con todos los reglamentos. Este inversor nos permite además conectarse a la red eléctrica sin necesidad de baterías, por lo que este tipo de instalaciones son económicas y muy rentables a largo plazo.

Para verificar la correcta conexión cadena-inversor es necesario comprobar que la tensión sin carga en los extremos de las cadenas es menor que la tensión de entrada máxima soportada por el inversor, la tensión mínima MPP de la cadena no debe ser menor que la tensión mínima MPPT del inversor, la tensión máxima MPP de la cadena no debe ser superior a la tensión máxima MPPT del inversor y la intensidad de cortocircuito máxima de la cadena no debe ser superior a la intensidad de cortocircuito máxima soportada 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:

$$11,11 A < 33 A$$

Con lo que cumpliríamos con todos los requisitos, habiendo elegido correctamente nuestro inversor.

4.4 Cables

4.4.1 Criterios de cálculo de secciones de conductores

La determinación reglamentaria de la sección de un cable consiste en calcular la sección mínima normalizada que satisface simultáneamente las tres condiciones siguientes:

- Criterio de intensidad máxima admisible o de calentamiento:

La temperatura del conductor del cable, trabajando a plena carga y en régimen permanente, no deberá superar en ningún momento la temperatura máxima admisible asignada de los materiales que se utilizan para el aislamiento del cable.

Esta temperatura se especifica en las normas particulares de los cables y suele ser de 70°C para cables con aislamientos termoplásticos y de 90°C para cables con aislamientos termoestables.

En el cálculo de la sección por el criterio de intensidad máxima admisible se ha producido un factor de corrección por agrupación de los conductores en bandeja por la temperatura ambiente.

- Criterio de máxima caída de tensión:

La circulación de corriente a través de los conductores ocasiona una pérdida de potencia transportado por el cable y una caída de tensión o diferencia entre las tensiones en el origen y en el extremo de la canalización.

Esta caída de tensión debe ser inferior a los límites marcados por el Reglamento en cada parte de la instalación, con el objeto de garantizar el funcionamiento de los receptores alimentados por el cable. Este criterio debe ser el determinante cuando las líneas son de larga duración.

- Criterio de intensidad de cortocircuito:

La temperatura que puede alcanzar el conductor del cable, como consecuencia de un cortocircuito o sobreintensidad de corta duración, no debe sobrepasar la temperatura máxima admisible de corta duración (para menos de 5 segundos) asignada a los materiales utilizados para el aislamiento del cable.

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

Este criterio no es determinante en instalaciones de baja tensión ya que por una parte las protecciones de sobreintensidad limitan la duración del cortocircuito a tiempos muy breves y además las impedancias de los cables hasta el punto de cortocircuito limitan la intensidad de cortocircuito.

4.4.2 Cableado instalación

Respecto a la parte de corriente continua de la instalación, procederemos al cálculo de la sección mediante la siguiente ecuación:

$$s = \frac{2L \cdot I_{CC}}{C \cdot u \cdot V_{mp}}$$

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.

El criterio utilizado para dimensionar el cableado de las ramas de módulos en serie y desde las ramas a las cajas de fusibles ha sido, dadas las distancias, el de caída de tensión máxima 2% en la parte de continua.

Los datos que tenemos en nuestro caso son para la longitud 74 metros. En condiciones normales, cada módulo suministra una intensidad cercana a la de cortocircuito, en nuestro caso la corriente de cortocircuito 8,89 A, por lo que debemos la aumentar en un 25% debido a los valores de radiación superiores a 1kW/m², quedando un valor tal que:

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

Nuestros cables serán de cobre, cuya conductividad es de $56m/\Omega \cdot m^2$. La tensión soportada en la línea será de 40,10 V en cada panel, lo que significa un total de 763,61 V cada línea

Al sustituir en la fórmula obtenemos la sección necesaria:

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

Como era de esperar, al tener una tensión elevada la sección necesaria será pequeña, en nuestro caso no utilizaremos la sección comercial inmediatamente superior a $2,6 \text{ mm}^2$, sino la de 6 mm^2 , debido a que, con menos sección, tendremos una caída de tensión superior al 1,5%, como veremos en la comprobación que se hará a continuación. Las cadenas de paneles fotovoltaicos de 19 módulos en serie se conducirán desde el campo solar al inversor pasando por una caja de conexión.

Se utilizará cable unipolar Sumflex RVK 0,6/1 kV de 6 mm^2 , con una temperatura de servicio de -25°C a 90°C y capacidad de transporte de corriente al aire libre de 53 A. La conexión entre los paneles fotovoltaicos y la caja de conexión se realizará por medio de conectores MULTI CONTACT MC3 hembras y machos. Estos conectores permiten la conexión y desconexión rápida, segura y duradera de los módulos.

La capacidad de transporte de corriente I_z de los cables solares instalados en serie viene dada por el fabricante a 30°C al aire libre. Si tenemos en cuenta los métodos de instalación y las condiciones de temperatura, debemos reducir la capacidad de transporte de corriente mediante un factor de corrección:

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

Donde 0,58 es el factor de corrección que tiene en cuenta 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 soportar la radiación UV, por lo que para su uso exterior deben protegerse de la radiación solar mediante conductos o canalizaciones.

Como podemos comprobar, la capacidad de transporte es mayor que la intensidad de cortocircuito máxima de la cadena, $I_z > I_b$, recordemos que $I_b = 11,11 \text{ A}$.

Procederemos a verificar que la caída de tensión en el lado de corriente continua del inversor no supera el 1,5%. 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: 1m.
- Longitud total: 26 m.

La caída de tensión vendrá determinada mediante la siguiente expresión:

$$\Delta U\% = \frac{P_{max} \cdot (\rho_1 \cdot L1 + \rho_2 \cdot 2 \cdot L2 + \rho_3 \cdot 2 \cdot L3)}{s \cdot U^2}$$

Donde:

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

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

Por lo que se cumple lo esperado.

Con respecto a la parte de alterna, se trata de la línea que corresponde a la salida del inversor, el criterio utilizado para dimensionar el cableado, dadas las distancias, es el de caída de tensión máxima 2% y calcularemos también la intensidad de servicio que soportará el conductor para determinar la sección necesaria. La intensidad la obtendremos a partir de la siguiente expresión:

$$I_B = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi}$$

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 $\cos\varphi = 1$, por tanto:

$$I_B = \frac{20000}{230 \cdot 1} = 86,95 A$$

Por lo que utilizaremos un cable de $16mm^2$ ya que su intensidad en condiciones normales es de 101 A. Comprobaremos ahora que la caída de tensión de la línea no excede el 2% mediante la expresión:

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

Donde:

- $\%V_{Lac}$ es el porcentaje de caída de tensión de la línea.
- P_{Lac} 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.

Conocemos que el inversor puede suministrar 20kW y que la longitud del conductor a la salida del inversor es de 15 m.

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

Por tanto, al ser inferior al 2%, cumple con las especificaciones requeridas. Utilizaremos tubo de 32 mm de diámetro para la instalación de estos conductores, es el diámetro requerido para conductores de 16 mm^2 según RBT ITC-BT 21.

4.5 Protecciones

Para calcular los fusibles que necesitará nuestra instalación debemos tener en cuenta tanto la tensión como la corriente. Lo haremos mediante las siguientes expresiones.

Para la tensión:

$$V_{DC\ fusible} \geq V_{oc} \cdot M \cdot 1,2$$

Donde:

- $V_{DC\ fusible}$ 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:

$$I_{nom} \geq \frac{I_{SC} \cdot N}{A_1 \cdot A_2}$$

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.
- A_1 es la constante proporcionada por el fabricante, con valor 0,8.
- A_2 es la constante de temperatura proporcionada por el fabricante.

Para el cable de los paneles solares necesitaremos lo siguiente:

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

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

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

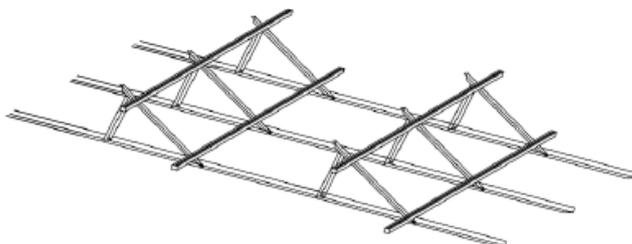
En la parte de alterna necesitaremos un interruptor diferencial instalado en una caja de protección. El interruptor diferencial deberá ser de clase AC, 30mA y 25 A para proteger de posibles contactos indirectos. Además, se instalará un magnetotérmico con un I_N comprendido entre los valores de I_B y I_Z , 86,95 A y 101 A respectivamente. Por tanto, tomaremos un magnetotérmico con $I_N = 100 A$, el cual tendrá una curva tipo C.

5. Estructura soporte

Uno de los elementos más importantes de una instalación fotovoltaica, para asegurar un perfecto aprovechamiento de la radiación solar, es la estructura soporte encargada de sustentar los módulos solares, dándoles la inclinación más adecuada para que reciban la mayor radiación solar a lo largo del año. En el caso que nos ocupa, en la provincia de Ciudad Real, la inclinación óptima es de 30° sobre la horizontal. Esta inclinación es la óptima fijándonos en el rendimiento económico de producción, y la inclinación recomendada por el fabricante de los módulos fotovoltaicos.

5.1 Descripción de la estructura

Tanto la estructura como los anclajes y la tornillería cumplen con las normas establecidas en el punto 5.3 del pliego de condiciones técnicas para instalaciones conectadas a red, editado por el IDAE.



5.1.1 Estructura

La estructura soporte se construirá enteramente con perfiles de aluminio, de 40x40x4 y se calcula según el Real Decreto 314/2006, por el que se aprueba el Código Técnico de Edificación, para soportar cargas extremas debidas a factores climatológicos adversos, tales como viento, nieve, etc.

La medida total de los perfiles prevé una pequeña separación entre módulos, con el fin de ofrecer menor resistencia al empuje del viento, reduciendo el llamado “efecto vela” y cumpliendo así el CTE.

Se ha elegido aluminio, como material de fabricación de la estructura, debido a diversos motivos que se explican a continuación:

- Este metal, con una densidad de $2,7\text{g/cm}^3$, es casi tres veces más ligero que el hierro. Utilizando este material, se reducen las fuerzas ejercidas por el peso propio de la estructura soporte de los paneles sobre la estructura de la nave.

- El aluminio no se oxida como el acero. Esto significa que las estructuras, en zonas climatológicas de gran humedad, tengan una vida más larga.
- Además, el aluminio es totalmente reciclable.

5.1.2 Tornillería

La tornillería utilizada para la unión de las diversas piezas de la estructura será tornillería de acero inoxidable. Este tratamiento nos asegura una mayor duración ante los agentes degradantes y un mantenimiento nulo de la estructura.

Se utilizarán elementos del 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

5.2 Procedimiento de montaje

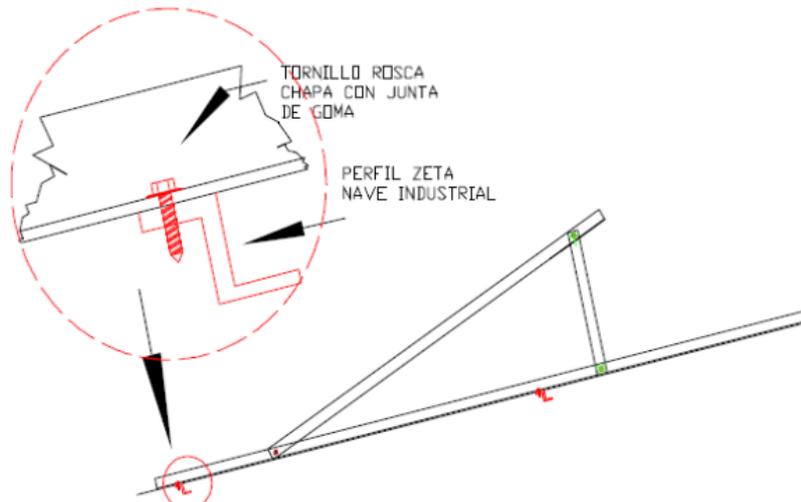
Sobre cubierta de chapa galvanizada se fijarán los perfiles tal y como se indica en la figura siguiente. El ángulo no se sujeta a la chapa directamente, si no a los tirantes de la estructura de sustentación del panel por medio de tornillos de rosca cortante con junta de caucho (EPDM) para evitar filtraciones y goteras.

Sobre las escuadras se dispondrán dos perfiles portadores de 40x40 sobre los que fácilmente se podrán fijar los tornillos de sustentación de los paneles al poder desplazarse por el interior de las guías. Los módulos van fijados a sus soportes mediante unas piezas de especial diseño llamadas “omegas” y “zetas”, para marcos de 35mm, y mediante tornillos con bola de acero inoxidable clavada en su cabeza.

Todos los elementos de la estructura, excepto la fijación con viguetas, se unirán mediante tornillería galvanizada. Se prevé utilizar tornillos M10x25 con tuerca moleteada para la unión de los elementos de aluminio, componentes del triángulo de inclinación. Para la sujeción de los paneles al perfil 40x40 de dos canales, se utilizarán tornillos galvanizados M8X25 cabeza allen, grover y tuerca cuadrada.

A continuación, se muestra la fijación de la estructura soporte de los módulos solares a la estructura de la nave.

DETALLE FIJACIÓN DE ESTRUCTURA

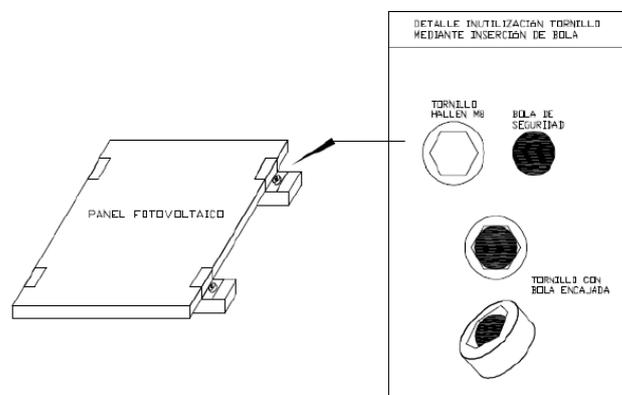


5.3 Sistema seguridad ante intento de robo

Los sistemas fotovoltaicos requieren una gran inversión y los paneles constituyen su mayor valor. Normalmente están montados de forma que es fácil acceder a ellos y quedan expuestos. Como las denuncias por robo están aumentando, las compañías aseguradoras no suelen asegurar los sistemas que no están protegidos. Por todo ello, nos vemos obligados a introducir medidas de seguridad ante el posible intento de robo.

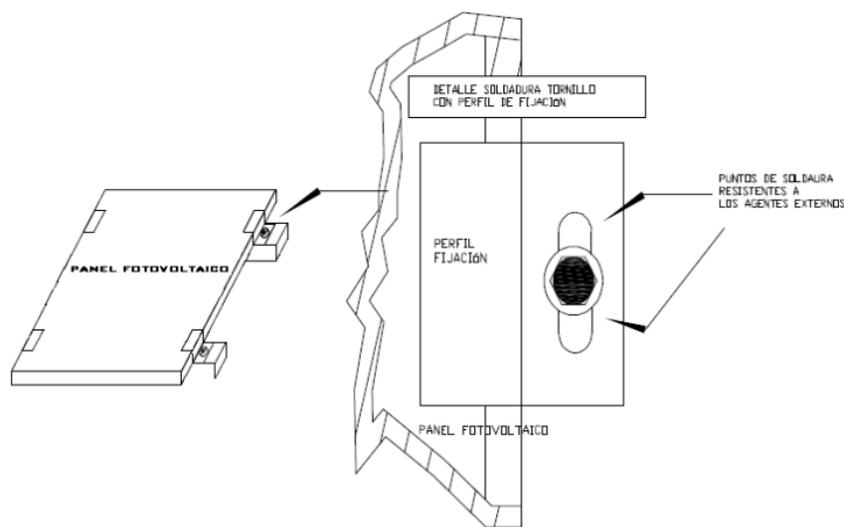
5.3.1 Implementación de bola de seguridad.

Consiste en introducir una bola metálica, diseñada y fabricada especialmente para este tipo de aplicaciones, en el hueco hexagonal del tornillo allen después del apriete del mismo. De este modo queda la cabeza literalmente tapada por la bola y el tornillo inaccesible para cualquier tipo de llaves.



5.3.2 Aplicación de soldadura

Este proceso consiste en fijar el perfil de sujeción del módulo fotovoltaico con la estructura metálica mediante la utilización de soldadura. El proceso de aplicación se realiza después de ajustar, apretar e insertar la bola de seguridad, situándose la soldadura entre la cabeza del tornillo y el perfil.



6. Justificación de la sobrecarga de la instalación

Sobre la cubierta del gimnasio se dispondrá de estructura de suportación, los 76 paneles fotovoltaicos, la caja de conexión y el cableado necesario. El resto de los materiales se ubicarán dentro de las instalaciones del gimnasio, en una sala disponible para ello, como son el inversor, la caja general de protección, etc.

Por ello, se entiende que la sobrecarga que produce la instalación solar fotovoltaica viene generada fundamentalmente por el peso propio de los paneles y el de la estructura soporte los mismos, despreciándose frente a éstos los valores del peso del material eléctrico anteriormente expuesto.

Como sabemos, las dimensiones de nuestros paneles y la estructura de aluminio son:

Panel Atersa		A-300P
Largo	mm	1965
Ancho	mm	990
Espesor	mm	40
Peso	kg	22,5

Tabla 9. Dimensiones paneles fotovoltaicos.

Perfil aluminio		AL 6065,T5
Peso	Kg/m	0,645

Tabla 10. Peso aluminio estructura.

Considerando que son necesarios entre 5 y 7 metros de perfil por panel fotovoltaico, la sobrecarga que supone la instalación solar es de:

$$\text{Sobrecarga} = \frac{22,5 \text{ Kg} + 0,645 \frac{\text{Kg}}{\text{m}} \cdot 7 \text{ m}}{1,965 \text{ m} \cdot 0,99 \text{ m}} = 13,88 \text{ kg/m}^2$$

El sobrepeso total a instalar sobre la estructura existente, de 14 kg/m^2 , es muy inferior a los 100 kg/m^2 que debe soportar una cubierta de esta tipología (accesible sólo para conservación) como sobrecarga de uso.

Por tanto, queda justificada la capacidad de soporte de los elementos estructurales existentes para admitir la sobrecarga añadida que supone la instalación fotovoltaica a ejecutar, salvo vicios ocultos en la ejecución de la estructura.

7. Estudio económico

Se procederá a realizar un estudio económico del presente proyecto. Donde apoyándonos en el presupuesto que se encuentra en el en el documento 3 del proyecto, realizaremos un estudio de amortización y rentabilidad de nuestra instalación fotovoltaica. También tendremos en cuenta la producción de la instalación, así como el valor actual del kWh a fecha de la puesta en marcha.

Se realizará un estudio económico a partir de los métodos del Valor Actual Neto (VAN) y de la Tasa Interna de Rentabilidad (TIR).

7.1 Presupuesto

Como podemos observar en el presupuesto de la instalación, el coste total de esta es de 38.399,72 €. Se tendrá en cuenta que, al cabo de 25 años de la realización del proyecto, los componentes deberán ser revisados, existiendo una gran probabilidad de cambio de los componentes de la instalación, debido a finalización de su vida útil.

Por tanto, se hará un estudio de rentabilidad a 25 años vista, de este modo sabremos si la instalación será amortizada antes del cumplimiento de la vida útil de los componentes.

7.2 Rentabilidad

Como ya se ha comentado anteriormente, se realizará un estudio con las técnicas del Valor Neto Actual (VAN) y la Tasa Interna de Rentabilidad (TIR).

7.2.1 Valor Actual Neto (VAN)

El Valor Actual Neto es un procedimiento que determina el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados a partir de una inversión. Consiste en descontar al actual momento, mediante una tasa, todos los flujos de caja futuros o determinar la equivalencia en el tiempo inicial de los flujos de efectivo futuro generados por un proyecto y comparar dicha equivalencia con la inversión inicial.

En nuestro proyecto consideraremos la inversión inicial como el capital invertido para realizar la instalación. Consideraremos, por otra parte, una rentabilidad a lo largo de 25 años para este caso, que será calculada en función del capital ahorrado anualmente por la generación energética.

En nuestro caso, debido a que la producción estimada de nuestra instalación es de 26505kWh y el precio actual del kWh gira en torno a los 0,12€/kWh, tendremos un ahorro energético anual de 3180,6€.

Además, consideraremos un tipo de interés del 3%, valor que es considerado actualmente como de riesgo medio en inversiones bancarias.

La ecuación teórica del VAN es la siguiente:

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

Donde:

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

Con los datos ya mencionados anteriormente, se ha procedido a calcular el VAN mediante Excel, utilizando el comando $VNA(tasa;valor1;valor2;...)$, que facilita la obtención del cálculo.

Se obtiene que para la inversión realizada y el ahorro energético tendremos un VAN de 16489,81€, lo que significa que el proyecto puede aceptarse, ya que el proyecto creará valor.

7.2.2 Tasa Interna de Rentabilidad (TIR)

El TIR se define como la tasa de interés o rentabilidad que ofrece una determinada inversión. Es un porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá una inversión para las cantidades que no se han retirado del proyecto. Se suele conceptualizar como la tasa de descuento en la que el Valor Actual Neto es igual a cero.

El TIR sirve para indicar la rentabilidad de un proyecto, siendo a mayor valor, mayor rentabilidad. Viendo el resultado anterior del VAN, el cálculo del TIR debe salir como un porcentaje positivo, debido a que la instalación será rentable.

Procedemos al cálculo de la misma forma que en el apartado anterior, para facilitar los cálculos utilizaremos como herramienta el comando TIR(valores) de Excel, donde obtenemos un interés del 7%.

7.2.3 PAYBACK

Una vez conocidos los valores VAN y TIR, es de gran interés conocer el estudio de retorno de la inversión, conocido como “payback”. Es un proceso muy simple en el que se contabiliza el coste a pagar anualmente a la compañía eléctrica en caso de no haber realizado la instalación fotovoltaica, lo que serían pérdidas y no existiría un desembolso inicial, frente al cálculo anual del beneficio que proporciona no pagar a la compañía, lo que significa beneficios, teniendo en este caso un desembolso inicial.

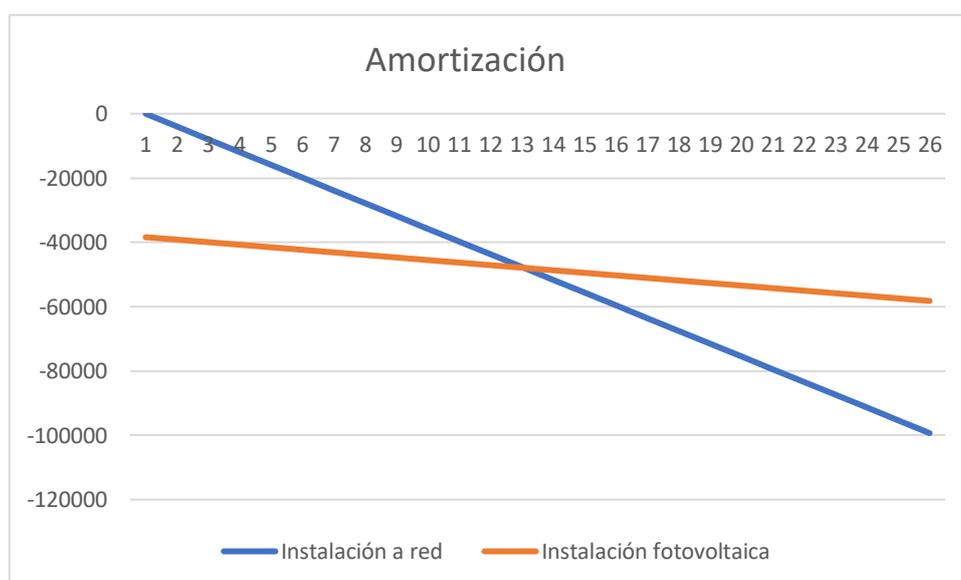
En nuestro proyecto, debido a que la producción energética de la instalación fotovoltaica no supe totalmente al consumo energético, no existirá como tal un beneficio económico, pero sí que podremos saber el año en que ambas opciones igualan el gasto total en electricidad y conoceremos también el ahorro que supondrá realizar dicha instalación en un plazo de 25 años.

Según lo calculado anteriormente, nuestra instalación necesita un consumo de 33112 kWh anuales, lo que significarían, estimando un valor del kWh de 0,12€ el kWh, unos 3973,44€ al año. Por otra parte, mediante las placas fotovoltaicas, tendremos un ahorro energético de 3180,6€, lo que significa un gasto anual de 792,84€.

A continuación, se muestra la tabla de amortización y un gráfico ilustrativo:

AÑO	Conexión a Red	Instalación Fotovoltaica
0	0	-38399,72
1	-3973,44	-39192,61
2	-7946,88	-39985,5
3	-11920,32	-40778,39
4	-15893,76	-41571,28
5	-19867,2	-42364,17
6	-23840,64	-43157,06
7	-27814,08	-43949,95
8	-31787,52	-44742,84
9	-35760,96	-45535,73
10	-39734,4	-46328,62
11	-43707,84	-47121,51
12	-47681,28	-47914,4
13	-51654,72	-48707,29
14	-55628,16	-49500,18
15	-59601,6	-50293,07
16	-63575,04	-51085,96
17	-67548,48	-51878,85
18	-71521,92	-52671,74
19	-75495,36	-53464,63
20	-79468,8	-54257,52
21	-83442,24	-55050,41
22	-87415,68	-55843,3
23	-91389,12	-56636,19
24	-95362,56	-57429,08
25	-99336	-58221,97

Tabla 11. Tabla de amortización.



Gráfica 4. Gráfica de amortización.

Como se puede observar, partir del año 12 y 13 es cuando el gasto energético, sin haber realizado la instalación, se iguala al gasto de la instalación con su respectivo desembolso inicial. Podemos ver que entre el año 24 y 25 existe una diferencia de 41114,03€. Realmente, aquí no se tiene en cuenta el mantenimiento y cambio de elementos, lo que supondría un menor ahorro energético. Tampoco se ha considerado que la instalación no sólo tiene 25 años de vida útil, sino que con un correcto funcionamiento y mantenimiento puede llegar a los 40 años, lo que seguiría suponiendo un ahorro pese a posibles reparaciones.

8. Conclusión del proyecto

Como conclusión del presente proyecto de fin de grado, la instalación fotovoltaica con conexión a red diseñada para el gimnasio en cuestión ha resultado ser rentable. Esta instalación, pese a no aportar un beneficio económico como tal, sí que será recomendable su realización debido al ahorro energético que supondrá a lo largo de los años de vida útil de sus elementos.

Para llegar a esta conclusión se ha realizado, en primer lugar, una estimación del consumo de las instalaciones del gimnasio. En segundo lugar, se ha procedido al cálculo eléctrico y de material en base a las necesidades estimadas anteriormente. Por último, se ha realizado un estudio económico teniendo en cuenta la tendencia actual, la cual ha ido reduciendo el precio de los componentes de una instalación fotovoltaica en los últimos años, y la subida continua de los precios de la luz.

En este proyecto no se han estudiado los gastos que podrían ocasionar las situaciones de mantenimiento y el cambio o reparación de elementos, lo que supondría un descenso en los beneficios obtenidos. Pero se ha de tener en cuenta que la instalación no sólo tendrá 25 años de vida útil, sino que, con un correcto funcionamiento y mantenimiento, la vida de las instalaciones puede llegar a los 40 años aproximadamente lo que, a largo plazo, seguirá suponiendo un ahorro pese a lo comentado anteriormente.

Cabe mencionar la influencia que tiene el denominado “impuesto al sol” en nuestro país en relación con las instalaciones fotovoltaicas. Este concepto puede ser interpretado como la obligación de todo consumidor que tenga una instalación de autoconsumo respaldada por la red eléctrica debe contribuir al pago relacionado con la gestión y el mantenimiento de la red. En vistas de la controversia existente en torno a esta cuestión se han generado debates desde la Unión Europea. Esta ha llegado a acuerdos en los que se reconoce el derecho del ciudadano a contribuir en el crecimiento energético europeo, acelerando así la lucha contra el cambio climático, derribando barreras de cara a producir, intercambiar, vender y almacenar energía renovable. Por todo ello, es previsible la derogación de esta ley. Todos estos cambios se harán efectivos a partir de 2021 pero, debido a la situación de cambio del nuevo gobierno español, puede que no tengamos que esperar tres años para que llegue a España.

Esto significa un futuro esperanzador para el aumento de las energías renovables y la reducción de los gases contaminantes que ello supondrá, ya que también podrán ser impulsadas en gran medida por los pequeños consumidores debido a su tendencia de disminución de costes, mayor eficiencia energética y su creciente rentabilidad.

ANEXO 1: Ficha de características del inversor

/ 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 GMPP



/ 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)

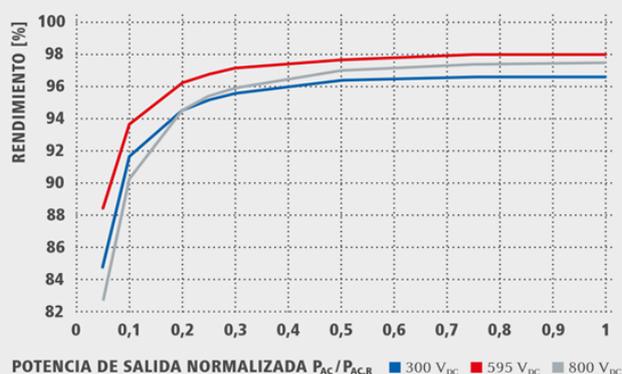
DATOS DE ENTRADA	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
Máxima corriente de entrada ($I_{dc\ max.1} / I_{dc\ max.2}^{3)}$)				16 A / 16 A		
Máx. corriente de cortocircuito por serie FV (MPP ₁ /MPP ₂ ³⁾)				24 A / 24 A		
Mínima tensión de entrada ($U_{dc\ min.}$)				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 ($U_{dc\ max.}$)				1.000 V		
Rango de tensión MPP ($U_{mpp\ min.} - U_{mpp\ max.}$)	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 ($P_{dc\ max.}$)	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 ($I_{ac\ max.}$)	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) ²⁾	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 ³⁾		
Tecnología de conexión principal	5 polos CA bornes roscados 2,5 - 16 mm ²			5 polos CA bornes roscados 2,5 - 16mm ² ³⁾		
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 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.

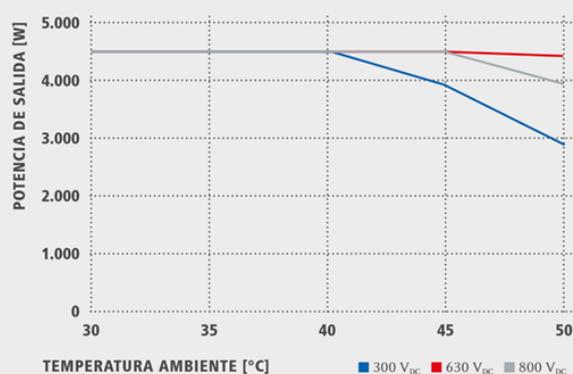
²⁾ De acuerdo con IEC 62109-1.

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)

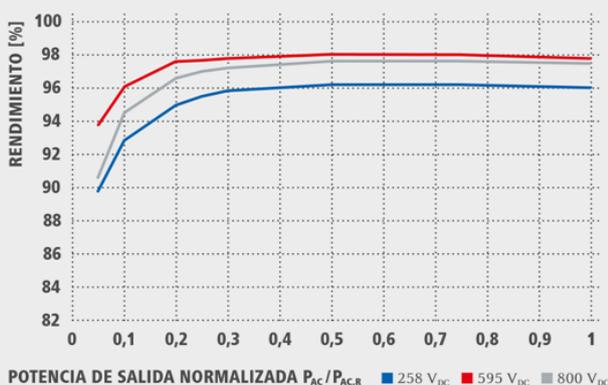
DATOS DE ENTRADA	SYMO 5.0-3-M	SYMO 6.0-3-M	SYMO 7.0-3-M	SYMO 8.2-3-M
Máxima corriente de entrada ($I_{dc\ máx. 1} / I_{dc\ máx. 2}$)	16 A / 16 A			
Máxima corriente de cortocircuito por serie FV (MPP_1/MPP_2)	24 A / 24 A			
Mínima tensión de entrada ($U_{dc\ mín.}$)	150 V			
Tensión CC mínima de puesta 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 ($\cos \phi_{ac,r}$)	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 ²⁾			
Tecnología de conexión principal	5 polos CA bornes roscados 2,5 - 16mm ² 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.

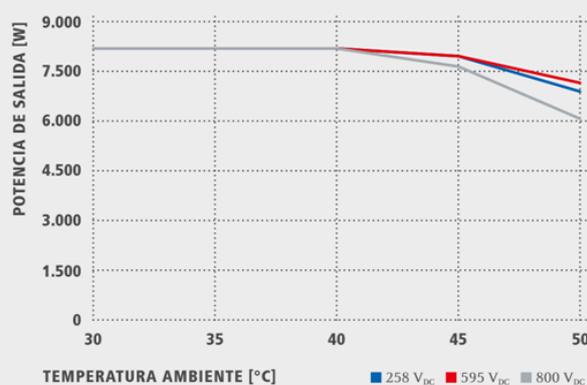
²⁾ 16 mm² sin necesidad de terminales de conexión.

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 $U_{mpp\ min.} / U_{dc,r} / U_{mpp\ máx.}$

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.

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

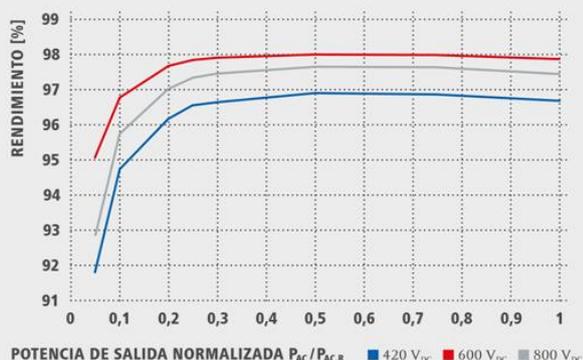
DATOS DE ENTRADA	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Máxima corriente de entrada ($I_{dc\ máx. 1} / I_{dc\ máx. 2}$)	27 A / 16,5 A ¹⁾		33 A / 27 A		
Máxima corriente de entrada total utilizada ($I_{dc\ máx. 1} + I_{dc\ máx. 2}$)	43,5 A		51,0 A		
Máxima corriente de cortocircuito por serie FV (MPP ₁ / MPP ₂)	40,5 A / 24,8 A		49,5 A / 40,5 A		
Mínima tensión de entrada ($U_{dc\ mín.}$)			200 V		
Tensión CC mínima de puesta en servicio ($U_{dc\ arranque}$)			200 V		
Tensión de entrada nominal ($U_{dc,r}$)			600 V		
Máxima tensión de entrada ($U_{dc\ máx.}$)			1.000 V		
Rango de tensión MPP ($U_{mpp\ mín.} - U_{mpp\ máx.}$)	270 - 800 V	320 - 800 V		370 - 800 V	420 - 800 V
Número de seguidores MPP			2		
Número de entradas CC			3+3		
Máxima salida del generador FV ($P_{dc\ máx.}$)	15,0 kW peak	18,8 kW peak	22,5 kW peak	26,3 kW peak	30,0 kW peak
DATOS DE SALIDA	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
Potencia nominal CA ($P_{ac,r}$)	10.000 W	12.500 W	15.000 W	17.500 W	20.000 W
Máxima potencia de salida	10.000 VA	12.500 VA	15.000 VA	17.500 VA	20.000 VA
Máxima corriente de salida ($I_{ac\ máx.}$)	14,4 A	18,0 A	21,7 A	25,3 A	28,9 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	1,8 %	2,0 %	1,5 %	1,5 %	1,3 %
Factor de potencia ($\cos \varphi_{ac,r}$)	0 - 1 ind. / cap.				
DATOS GENERALES	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
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)			725 x 510 x 225 mm		
Peso	34,8 kg		43,4 kg		
Tipo de protección			IP 66		
Clase de protección			1		
Categoría de sobretensión (CC / CA) ²⁾			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			-40 - +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			6 x CC+ y 6 x CC bornes roscados 2,5 - 16 mm ²		
Tecnología de conexión principal			5 polos CA bornes roscados 2,5 - 16 mm 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 0-16, CEI 0-21, NRS 097				

¹⁾ 14,0 A para tensiones < 420 V

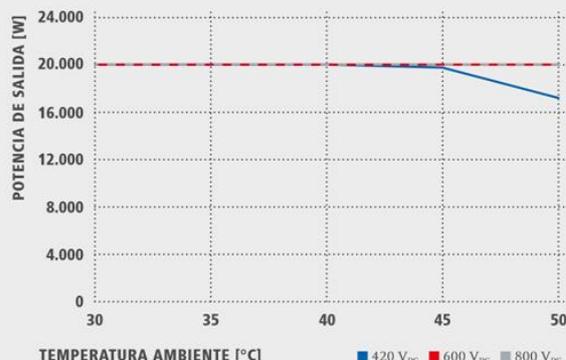
²⁾ De acuerdo con IEC 62109-1. Disponible rail DIN opcional para tipo 1 + 2 y tipo 2 de protección de sobretensión.

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

CURVA DE RENDIMIENTO FRONIUS SYMO 20.0-3-M



REDUCCIÓN DE TEMPERATURA FRONIUS SYMO 20.0-3-M



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 %			98,1 %	
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

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

CERTIFICADO REAL DECRETO FRONIUS ELECTRÓNICA SOLAR



Fronius International GmbH

Certifica que toda la gama de inversores Fronius SYMO HYBRID con Setup ES, comparten las siguientes características:

- Dispone de interruptor de interconexión interno para la desconexión automática.
- Dispone de protección interna de mínima y máxima tensión y frecuencia de red. Así el inversor desconecta si la red se sale de los siguientes valores umbral, en el tiempo indicado o:

Parámetro	Umbral de protección	Tiempo máximo de actuación
Sobretensión-fase 1	Un + 10%	1,5 s
Sobretensión-fase 2	Un + 15%	0,2 s
Tensión mínima	Un - 15%	1,5 s
Frecuencia máxima	50,5 Hz	0,5 s
Frecuencia mínima	48 Hz	3 s

Un AC = 230V / 400V (Trifásicos)

- En caso de actuación de la protección de máxima frecuencia, la reconexión solo se realizara cuando la frecuencia alcance un valor menor o igual a 50 Hz.
 - Siempre que exista potencia a la entrada, el inversor realizará la conexión a la red sincronizándose con la misma en tensión (+/- 8%), en frecuencia (+/- 0,1Hz), y en fase (+/- 10%).
 - El software de ajuste de las protecciones de tensión y frecuencia no es accesible al usuario.
 - Dispone de relé de bloqueo de protecciones, con un tiempo de sincronización y rearme automático de 180 segundos Este relé es activado por las protecciones de máxima y mínima tensión y frecuencia.
 - La corriente continua inyectada a red no supera el 0,5% de la corriente nominal, habiendo sido comprobado mediante ensayo por laboratorio externo, tal como indica la "Nota de interpretación de equivalencia de la separación galvánica de la conexión de instalaciones generadoras en Baja Tensión" del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, con resultado favorable.
 - Dispone de un vigilante de aislamiento a tierra en el lado de continua.
 - Dispone de protección contra funcionamiento en isla, cumpliendo con lo indicado en la Norma UNE EN 50438, en la IEC 62116 y en la UNE 206006:2011 IN.
 - Presenta un coeficiente de distorsión armónica menor del 3 %.
 - Los dispositivos para la monitorización de frecuencia y tensión presentan un error en la medida inferior al 5%.
- El inversor cumple con todas las normas y directrices de seguridad aplicables:
- UNE 206 007-1 IN:2013
 - RD 413/2014, RD 1699/2011 y RD 661/2007 sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.
 - Directriz 2004/108/CE, sobre compatibilidad electromagnética.
 - DIN EN 61000-6-2, DIN EN 61000-6-4, y DIN EN 50178 sobre emisión de armónicos.



Rainer Sattlberger
Director General Fronius España



FRONIUS España, S.L.U.
B-98110174
Parque Empresarial La Carpetania
Calle Miguel Faraday, nº 2
28906 Getafe (MADRID)
ESPAÑA



EU-DECLARATION OF CONFORMITY 2017
DICHIARAZIONE DI CONFORMITÀ UE, 2017
DECLARACIÓN UE DE CONFORMIDAD, 2017

Wels-Thalheim, 2017-03-06

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

Norme europee e rispettive modifiche

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

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

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 sopracitato 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: **2017**

ppa. Thomas Andler, MAS
ppa. T. Herndler, MAS
Member of Board
Chief Production Officer

EN English

English

IT Italian

Italiano

ES Spanish

Español

ANEXO 2: Ficha de características **Smart Metter**

/ 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

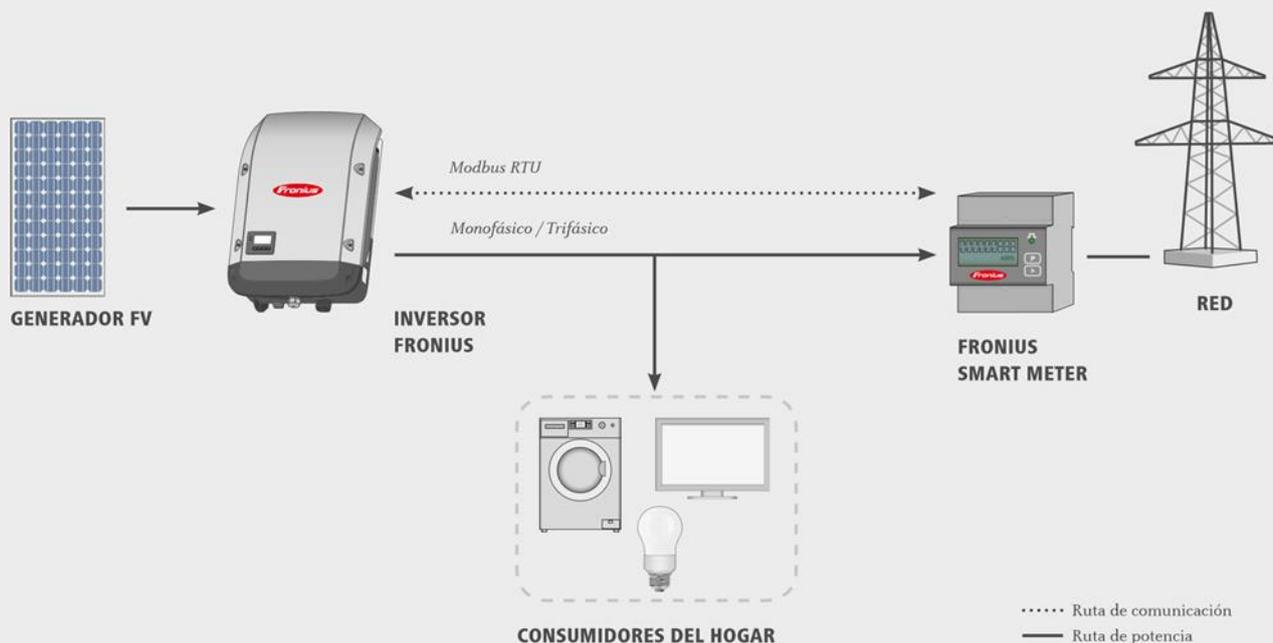
¹⁾ Disponible sin transformador de corriente. Más información sobre la correcta elección de los transformadores en www.fronius.es.

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

ANEXO 3: Ficha de características paneles fotovoltaicos



atersa
grupo elecnor



+Ultra
nueva gama

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



- +UltraTolerancia positiva**
Positiva 0/+5Wp
- +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 Ateresa.

Para una información más detallada de los términos de la garantía, consulte:
➔ www.atersa.com

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

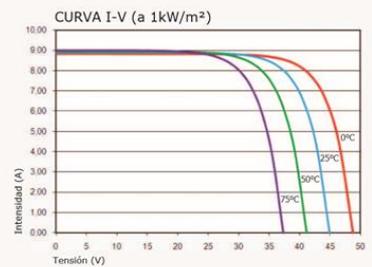
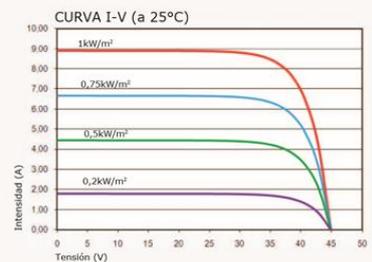
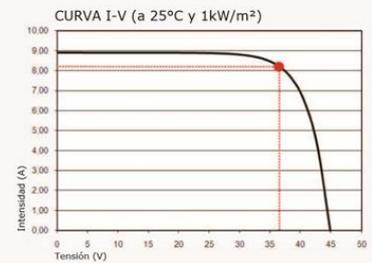
Dimensiones (mm ± 2 mm)	1965x990x40
Peso (kg)	22,5
Área (m ²)	1,95
Tipo de célula (± 1 mm)	Policristalina 156x156 mm (6 pulgadas)
Células en serie	72 (6x12)
Cristal delantero	Cristal templado ultra claro de 3.2 mm
Marco	Aleación de aluminio anodizado o pintado en poliéster
Caja de conexiones	TYCO IP67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

Rango de funcionamiento

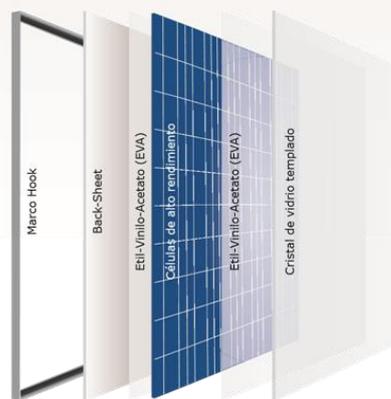
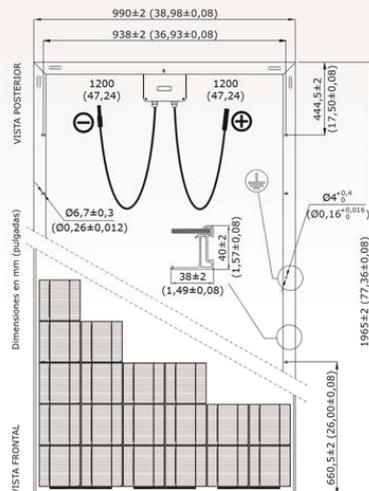
Temperatura	-40°C a +85°C
Máxima Tensión del Sistema / Protección	1000 V / CLASS II
Carga Máxima Viento / Nieve	2400 Pa
Máxima Corriente Inversa (IR)	15,1 A

*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



2. Pliego de condiciones técnicas

Índice

1. Objeto.....	67
2. Generalidades	67
3. Diseño del generador fotovoltaico.....	68
3.1 Generalidades	68
3.2 Orientación e inclinación y sombras.....	68
3.3 Diseño del sistema de monitorización.....	69
4. Componentes y materiales	69
4.1 Generalidades	69
4.2 Sistemas generadores fotovoltaicos	70
4.3 Estructura soporte	70
4.4 Inversores.....	71
4.5 Cableado.....	72
4.6 Conexión a red.....	73
4.7 Medidas.....	73
4.8 Protecciones.....	73
4.9 Puesta a tierra de las instalaciones fotovoltaicas	73
5. Recepción y pruebas.....	73
6. Cálculo de la producción anual esperada.....	74
6.1 Requerimientos técnicos del contrato de mantenimiento. Generalidades.	74
6.2 Programa de mantenimiento.....	75
6.3 Garantías.....	75
6.3.1 Ámbito general de la garantía.....	75
6.3.2 Plazos.....	76

1. Objeto

El objeto del presente documento es fijar las condiciones técnicas mínimas que deben cumplir las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a red, que por sus características estén comprendidas en el apartado segundo de este pliego. Pretende servir de guía para instalaciones y fabricantes de equipos, definiendo las especificaciones mínimas que debe cumplir una instalación para asegurar su calidad en beneficio del usuario y del propio desarrollo de esta tecnología.

Se valorará la calidad final de la instalación en cuanto a su rendimiento, producción e integración.

El ámbito de aplicación de este pliego técnico de condiciones técnicas (en lo que sigue, PCT) se extiende a todos los sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos que forman parte de las instalaciones.

En determinados supuestos para los proyectos se podrán adoptar, por la propia naturaleza del mismo o del desarrollo tecnológico, soluciones diferentes a las exigidas en este PCT, siempre que quede suficientemente justificada la necesidad y que no impliquen una disminución de las exigencias mínimas de calidad y especificadas del mismo.

2. Generalidades

Se trata de un pliego característico para todas las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red, siendo excluidas las instalaciones aisladas.

En todo caso serán de aplicación las normativas que afecten a instalaciones solares fotovoltaicas, y en particular 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 seleccionado cumplirá las especificaciones del apartado 5.2.

Los módulos de los que se compone la instalación serán idénticos y del mismo modelo. En caso de que hubiesen de ser modificados o reemplazados con modelos distintos, se deberá garantizar la total compatibilidad entre ellos y asegurar una ausencia de defectos en la instalación.

Si se utiliza otro tipo de módulos distintos a los definidos en el proyecto, se deberá justificar debidamente, aportando documentación sobre pruebas y ensayos a los que han sido sometidos. Las normas vigentes de obligado cumplimiento siempre se cumplirán.

3.2 Orientación e inclinación y sombras

La inclinación y orientación de los módulos fotovoltaicos y las posibles sombras ocasionadas serán de tal manera que se asegure las mínimas pérdidas energéticas posibles. Se debe tener en cuenta la superposición arquitectónica, obteniendo una distancia adecuada entre las filas de paneles para todas las épocas del año y considerar unas pérdidas totales mínimas respecto a los valores óptimos.

Si no se pudiera cumplir lo definido anteriormente, debido a casos especiales y de manera justificada, deberá evaluarse la reducción de las condiciones energéticas de la instalación, siendo las mismas justificadas e incluidas en la memoria.

En todos los casos deberán evaluarse las pérdidas por orientación e inclinación del generador y sombras.

3.3 Diseño del sistema de monitorización

En la instalación fotovoltaica del proyecto ha de instalarse un sistema de monitorización, que sea capaz de mostrar en tiempo real la producción de energía y medidas como el voltaje y corriente en la entrada del inversor, voltaje en las fases de red, la potencia de salida y la radiación solar de los módulos. Es importante que el sistema sea accesible para el usuario.

4. Componentes y materiales

4.1 Generalidades

Es necesario que el grado de aislamiento eléctrico de tipo básico sea de al menos de clase 1 tanto para los módulos y el inversor como para los distintos materiales eléctricos de los que se compone la instalación (conductores, armarios, etc.), con la excepción de los conductores de la parte de continua, que han de ser de doble aislamiento.

Se debe asegurar en todo momento que la calidad del suministro eléctrico es la necesaria gracias a las características de la instalación fotovoltaica. Su correcto funcionamiento no ha de provocar averías en el sistema de red eléctrica, ni disminuciones en la seguridad o alteraciones superiores a las admitidas en la normativa vigente. De tal manera que no se podrán dar situaciones peligrosas en condiciones de trabajo para mantenimientos o explotación de la red de distribución.

Los materiales situados en intemperie se protegerán contra los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la humedad.

Se deberá asegurar la utilización de todos los elementos recomendados de seguridad y las protecciones obligatorias para las personas y la instalación, de tal forma que se asegurará una correcta protección frente a posibles contactos directos e indirectos, cortocircuitos y sobrecargas, tal como se indica en la aplicación de la vigente legislación.

En caso de realizar cambios con respecto a la actual memoria, deberán ser especificados y resaltados, además de incluir el motivo de los mismo. Se deberá incluir también, en esta situación, los documentos técnicos de todos los nuevos componentes, proporcionados por el fabricante de estos.

Las instrucciones de uso y seguridad, indicadores, etiquetas, etc. De los componentes estarán, si es posible, en castellano para facilitar su entendimiento y comprensión.

4.2 Sistemas 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.

Será obligatorio que los módulos lleven de forma visible los datos de modelo y nombre o logo del fabricante. También una identificación para cada uno de los mismos, como podría ser un número de serie.

Los módulos contarán con un grado de protección IP65, además de una serie de diodos de derivación, con la función de evitar posibles averías en las células y sus circuitos por sombreados parciales.

Llevarán 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.

Los módulos instalados han de ajustarse a las características citadas anteriormente. Si existiesen cambios, siendo estos de forma excepcional, se presentará una solicitud en la memoria para justificarse.

En caso de que los módulos fotovoltaicos presenten defectos de fabricación, en cualquier parte de sus elementos, tales como roturas, manchas, burbujas o desalineación de las células, serán rechazados.

Por motivos de seguridad y para facilitar el mantenimiento y 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 las misma aportando una justificación sobre los puntos que no

se cumplan, además de que en todos los casos, cumpla con las normas aplicables

La estructura de las placas solares ha de ser suficientemente resistente, según la normativa vigente, en cuanto a las posibles sobrecargas producidas por efectos como el viento o la nieve.

Se tendrá en cuenta en la instalación y el diseño de estas las posibles dilataciones térmicas que se pudieran producir, de tal forma que no se produzcan tensiones o cargas capaces de dañar a las placas o la instalación. Además, la estructura ha de estar instalada de tal manera que satisfaga la orientación e inclinación de los cálculos especificados, asegurando también que sea fácil de manipular a la hora del montaje y desmontaje o para necesidad de sustituciones.

La tornillería se realizará con elementos de acero inoxidable, sólo en caso de que la estructura fuese galvanizada se usarían tornillos galvanizados. El anclaje de los módulos será de acero inoxidable.

Se realizará el montaje de la estructura de tal forma que asegure que no se provoque sombreado en las placas fotovoltaicas, cumpliendo lo especificado en el apartado 4.2 sobre sombras.

4.4 Inversores

Ha de ser adecuado para conectar con la red eléctrica, con un suficiente margen para la potencia de entrada, de tal forma que sea capaz de obtener la máxima potencia que generen de los paneles a lo largo del día.

El principio de funcionamiento será de fuente de corriente, autoconmutado, tendrá un sistema de seguimiento del punto de máxima potencia de los paneles y nunca 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.

Ha de asegurarse que el inversor tiene las señalizaciones necesarias para facilitar una correcta operación del mismo e incorporen los sistemas imprescindibles para la 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 irradiancia 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.

Se utilizará cableado de cobre, con la sección estipulada en el cálculo justificativo para asegurar que no haya caídas de tensión y calentamientos. Las caídas de tensión para cualquier condición de trabajo serán inferiores al 1,5% en caso de corriente continua e inferiores al 2% para la parte de corriente alterna.

El cable deberá tener la longitud necesaria para no generar 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 a la intemperie, al aire o enterrado, de acuerdo con la norma UNE 21123.

4.6 Conexión a red.

La conexión a red cumplirá con lo dispuesto en el Real Decreto 1699/2011 donde se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.

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.

Se entregará por parte del instalador un documento donde se especifique el suministro de componentes y materiales y los manuales de uso y mantenimiento de la instalación. Existirá una copia y ambos documentos serán firmados tanto por el instalador como por el comprador, conservando cada uno un ejemplar.

Para poner en servicio la instalación, en lo que respecta a los elementos principales, han de haber superado las pruebas pertinentes de 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 determinado número de pruebas antes de la puesta en marcha de la instalación, independientemente de lo indicado anteriormente en este pliego de condiciones técnicas. Las pruebas a realizar serán:

- 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.

Concluidas 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 un mínimo de 240 horas seguidas, sin interrupciones o paradas causadas por fallos o errores del sistema suministrado.

Todos los elementos suministrados, así como la instalación en su conjunto, estarán protegidos frente a defectos de fabricación, instalación o diseño por una garantía de tres años, salvo para módulos fotovoltaicos que la garantía será de 10 años, contado a partir de la fecha de firma del acta de recepción provisional.

El instalador, sin embargo, reparará la instalación sin coste alguno en caso de que se produzca un fallo de funcionamiento cuyo su origen proceda de defectos ocultos en diseño, construcción, material o montaje.

6. Cálculo de la producción anual esperada.

Se estima una inyección aproximada de 26505 kWh, lo que equivale a unos 2,28 tep (toneladas equivalentes de petróleo) anuales. Esto supone un ahorro energético, por parte del consumidor, de unos 3180,6€ 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

A continuación, se definirán una serie de condiciones generales mínimas que han de seguirse para obtener un adecuado mantenimiento y por tanto, funcionamiento, de la instalación fotovoltaica conectada a red.

Hay dos caminos esenciales a la hora de obtener las operaciones que alarguen la vida útil de la instalación asegurando un correcto funcionamiento. El aumento de la producción y la prolongación de la duración del sistema mediante un mantenimiento preventivo y correctivo.

Con respecto al mantenimiento preventivo, son aquellas operaciones de sustitución necesarias para asegurar el correcto funcionamiento del sistema durante su vida útil, incluye una serie 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 se realizará siempre mediante personal técnico cualificado bajo la responsabilidad de la empresa que haya realizado la instalación.

El mantenimiento preventivo será realizado mediante la inclusión de una visita como mínimo al año donde se realizarán comprobaciones de protecciones eléctricas, estado de los paneles o variaciones que se hayan podido producir con respecto al proyecto original. También se verificará 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.

Debe de realizarse un informe técnico para cada visita que se haya realizado, 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.

Si hubiera que interrumpir la explotación del suministro por razones en las que es responsable el suministrador, o a reparaciones que el suministrador haya de realizar para cumplir las estipulaciones de la garantía, el plazo se prolongará por la duración total de estas interrupciones.

Bibliografía

- [1] Cuadernillos ABB® para instalaciones fotovoltaicas.
- [2] Boletín Oficial del Estado, normativa vigente.
- [3] Reglamento de Baja tensión.
- [4] Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red, IDAE, julio 2011.
- [5] Documentación de instalaciones fotovoltaicas de Atersa®.
- [6] Documentación de inversores para instalaciones eléctricas de Fronius®
- [7] Aemet, servicios climatológicos [En línea]. Disponible en www.aemet.es/es/serviciosclimatologicos.
- [8] JRC *European Commision*.
- [9] PER 2011-2020, IDAE.

3. PRESUPUESTO

Instalación fotovoltaica para un gimnasio con conexión a red.



01 Instalación fotovoltaica

01.01 u Módulo fotovoltaico Atersa A-300 300W
BGE1U0
10

Módulo fotovoltaico para instalaciones de conexión a red, potencia de pico 300 Wp, con 76 células 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%

Total partida 01.0176,00 ... 363,00 27.588,00

01.02 u Inversor p/conex.red, Fronius Symo, trifásico, salida 20kW
BGE2U0
40

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

Total partida 01.021,00 3.058,71 3.058,71

01.03 Fronius Smart Metter trifásico 63A 43 kW
000004

Total partida 01.031,00 ... 292,48 292,48

01.04 Desconectador con protección fusible 1200V 32A
000005

Total partida 01.042,00 65,28 130,56

01.05 u Interruptor auto.magnet.,Scneider C120N,100A,4P, 10kA
BGE41JL
RR

Interruptor automático magnetotérmico de caja moldeada, de 100 A de intensidad máxima con 4 polos.

Total partida 01.051,00 ... 313,31 313,31

01.06 u Interruptor diferencial Schneider Electric A9Z05425
BG4242 cl.AC,gam.terc.,I=25A,(4P),0.03A
9D

Interruptor diferencial de la clase AC, gama terciario, de 25 A de intensidad nominal, tetrapolar (4P), de 0.03 A de sensibilidad, de desconexión fijo instantáneo, con botón de test incorporado y con indicador mecánico de defecto, construido según las especificaciones de la norma UNE-EN 61008-1

Total partida 01.061,00 38,8238,82

01.07 Descargador sobretensiones tipo II DG YPV
BG41JL
RR1

Total partida 01.071,00 46,5046,50

Total capítulo 01 31.468,38



02 Cableado

02.01 BG31N5 00	m	<p>Conductor de Cu UNE SZ1-K (AS+) 0,6/1 kV baja emisión humos,RF UNE-EN 50200,6mm2</p> <p>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 6 mm2</p>			
		Total partida 02.01	100,00	1,55	155,00
02.02 BG31N7 00	m	<p>Conductor de Cu UNE SZ1-K (AS+) 0,6/1 kV baja emisión humos,RF UNE-EN 50200,16mm2</p> <p>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 16 mm2</p>			
		Total partida 02.02	50,00	3,44	172,00
02.03 BG3809 00	m	<p>Conductor Cu desnudo de la puesta a tierra general y auxiliares,1x35mm2</p> <p>Conductor de cobre desnudo, unipolar de sección 1x35 mm2</p>			
		Total partida 02.03	50,00	1,29	64,50
02.04 BG22TA 10	m	<p>Tubo curvable corrugado PE,doble capa,DN=32mm</p> <p>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</p>			
		Total partida 02.04	100,00	1,20	120,00
02.05 BG22TB 10	m	<p>Tubo curvable corrugado PE,doble capa,DN=20mm</p> <p>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</p>			
		Total partida 02.05	100,00	0,80	80,00
		Total capítulo 02			591,50

03 Estructuras de soporte e instalación

03.01 u Estructura perfiles aluminio,inclinación 30°/45°,p/superf.horiz.

BGESU015

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 45°, incluidas las sujeciones de los módulos con fijaciones de acero inoxidable, para colocar sobre superficies horizontales

Total partida 03.01 1,00 5.000,00 5.000,00

03.02 h Ayudante electricista
A013H00
0 Ayudante electricista

Total partida 03.02 24,00 14,68 352,32

03.03 h Ayudante electricista
A013H00
0 Ayudante electricista

Total partida 03.03 32,00 14,68 469,76

03.04 h Oficial 1a electricista
A012H00
0 Oficial 1a electricista

Total partida 03.04 32,00 16,18 517,76

Total capítulo 03 6.339,84
Total presupuesto 38.399,72

4. PLANOS



INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA EN TOMELLOSO

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA
ESCUELA SUPERIOR DE ALCOY



**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**

Daniel Moreno Carretero
Autor proyecto

Proyecto: TFG INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA CON CONEXIÓN A RED EN TOMELLOSO

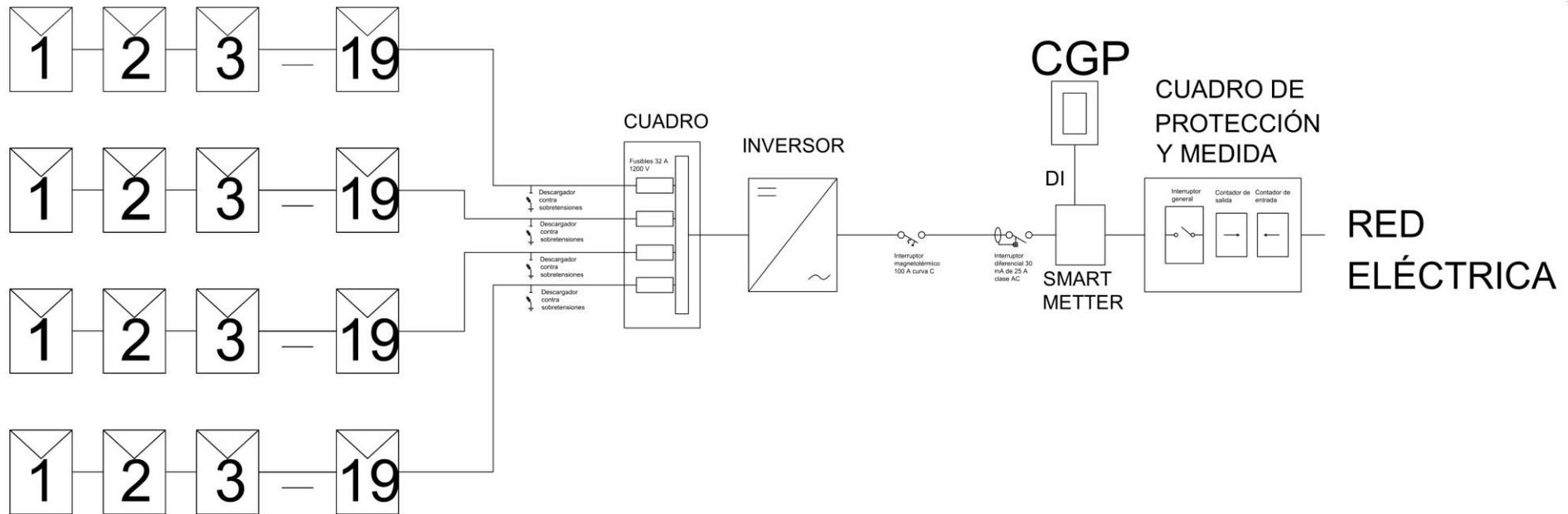
Fecha: JULIO 2018

Plano: ESQUEMA UNIFILAR DE LA INSTALACIÓN.

Escala: S/E

Nº Plano:

4 ramas de 19 módulos en serie



 <p>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA ESCUELA SUPERIOR DE ALCOY</p> <p>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</p> <p>Daniel Moreno Carretero Autor projecte</p>	Projecte:	TFG INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA CON CONEXIÓN A RED EN TOMELLOSO		
	Fecha:	JULIO 2018	Escala:	S/E
	Plano:	ESQUEMA UNIFILAR DE LA INSTALACIÓN.		SP Plano:
	2			