



CONAMA10
CONGRESO NACIONAL
DEL MEDIO AMBIENTE

COMUNICACIÓN TÉCNICA

Energía solar fotovoltaica. Fundamentos y situación actual. Aplicación práctica a una vivienda unifamiliar

Autor: Javier Álvarez-Linera del Río

Institución: Universidad de Oviedo

e-mail: linerax@hotmail.com

Otros Autores: Jorge Xiberta Bernat (Universidad de Oviedo); María Jesús Blanco Acebal (Universidad de Oviedo)

RESUMEN

La energía fotovoltaica se basa en el efecto del mismo nombre, por el cual la radiación solar puede provocar una corriente eléctrica al incidir sobre determinados materiales. El dispositivo utilizado en la actualidad para conseguir este efecto es la célula fotovoltaica, que consiste en la unión de dos semiconductores. Estas células son en su mayoría de silicio, aunque existen otros tipos de células: de capa delgada, concentradoras solares y orgánicas. Además, en una instalación fotovoltaica es necesario disponer de elementos auxiliares como baterías, regulador e inversor. El sector fotovoltaico español ha experimentado un fuerte crecimiento en los últimos cinco años. En 2008, España superó a Alemania (que hasta ahora ocupaba el primer puesto en este sector) con la instalación de 2661 MW. A nivel mundial, el desarrollo -aunque importante- no ha sido tan acusado: en ese año aumentó la potencia instalada en un 130%. En este proyecto se ha realizado un estudio de viabilidad para una instalación fotovoltaica en una vivienda unifamiliar situada en Oviedo (Asturias). En primer lugar se ha estudiado la posibilidad de que la instalación fuera aislada, pero resulta no ser rentable. La eliminación de las baterías, aunque reduce significativamente el coste, tampoco resulta rentable. Sin embargo, si la instalación es conectada, el kWh que se vende a la red tiene una remuneración que hace viable económicamente a la instalación. Se ha hecho también un estudio de la relación entre la rentabilidad y la disponibilidad del recurso solar (comparando la instalación situada en Asturias con otra de las mismas características situada en Tenerife, donde la insolación es casi el doble), y se ha concluido que los beneficios son función del recurso solar disponible.

Palabras Clave: Conexión a la red eléctrica; sector residencial; rentabilidad; desarrollo de la energía solar fotovoltaica; energía renovable.



Índice

1	Introducción.....	5
2	Metodología.....	5
3	Resultados	6
4	Discusión de resultados.....	19
5	Conclusiones.....	20
6	Bibliografía	20
7	Agradecimientos.....	21

Índice de figuras

Figura 1: Área disponible para la instalación del SFV	6
Figura 2: Conexión entre los paneles (instalación aislada)	10
Figura 3: Consumo de energía por tramos horarios.....	14
Figura 4: Energía producida en cada tramo horario.....	14
Figura 5: Exceso de energía producida	14
Figura 6: Conexión entre los paneles (instalación conectada)	17
Figura 7: Plano de la instalación.....	17
Figura 8: Exceso de energía producida en la instalación de 12 paneles.....	19

Índice de tablas

Tabla 1: Demanda energética	7
Tabla 2: Radiación sobre superficie horizontal	7
Tabla 3: Ángulo óptimo y radiación sobre superficie inclinada.....	8
Tabla 4: Irradiación solar captada con el ángulo óptimo	8
Tabla 5: Energía producida por el campo FV.....	9
Tabla 6: Presupuesto de la instalación FV aislada	12
Tabla 7: Producción energética de la instalación conectada a red.....	16
Tabla 8: Presupuesto de la instalación conectada a red.....	18

1 Introducción

Este documento consiste en estudiar la viabilidad técnica y económica de una instalación FV en una vivienda unifamiliar ubicada en Oviedo, Asturias.

En principio se pretende que la instalación cubra una parte de la demanda energética (o la totalidad, en caso de ser viable). En estos casos lo más común es instalar un campo FV aislado de la red (toda la energía producida es consumida por la propia vivienda).

2 Metodología

Inicialmente, es necesario realizar un estudio técnico para el emplazamiento elegido: área disponible, demanda energética de la vivienda y disponibilidad del recurso solar. El área disponible se obtendrá a partir de las fotografías aéreas, la demanda energética se puede saber a partir de las facturas proporcionadas por la compañía eléctrica y el recurso solar se estudiará a partir de las tablas de irradiación solar proporcionadas por CENSOLAR (Centro de Estudios de la Energía Solar). Con los datos obtenidos se podrán realizar los cálculos técnicos de la instalación, que consisten básicamente en determinar el número de paneles solares necesarios, así como los elementos auxiliares (baterías, regulador e inversor).

El primer paso para estimar la capacidad de un sistema fotovoltaico, es considerar como margen de potencia a instalar al consumo energético de la vivienda del caso de estudio, o bien, establecer la capacidad del sistema de acuerdo a las prestaciones técnicas y económicas con las que se cuente. Una vez determinada la potencia a instalar, se prosigue a calcular el número de paneles solares que serán necesarios, para ello se emplea la siguiente fórmula:

$$No. \text{ Paneles} = \frac{\text{Consumo Energético}}{PR \cdot HPS \cdot Wp}$$

Donde,

Consumo de energía: Es la energía que consume la vivienda.

PR: Performance Ratio.

HPS: Horas Pico Solares.

Wp: Watios-pico del panel elegido.

Como se puede observar, es necesario conocer el consumo de energía que se pretende instalar, y no siempre tiene por qué coincidir con el consumo energético de la vivienda. El performance ratio es el rendimiento energético total del sistema, y engloba las diferentes

pérdidas que influyen en el comportamiento de toda instalación fotovoltaica, en este caso hemos considerado las debidas a: temperatura ambiente, punto de trabajo, conexionado, suciedad, reflectancia angular, sombreado, inversor, batería y cableado.

Respecto a HPS, éstas son una medida de irradiación solar que se define como el tiempo en horas donde se tiene una hipotética irradiación constante de 1000 W/m^2 . Así, 5000 W/m^2 , equivale a decir que se tienen 5 HPS.

Para determinar las baterías que requerirá el sistema, es necesario transformar el consumo de Wh/día a Ah (amperios x hora), ya que es la unidad de medida de las baterías. Por último, el regulador y el inversor se determinan a partir de las condiciones de trabajo de la instalación (voltaje e intensidad).

Una vez realizado el cálculo de la instalación, es necesario realizar un estudio de la viabilidad económica de la misma. Para ello se calculará el valor actualizado neto de la instalación y también la tasa interna de retorno.

3 Resultados

En la figura 1 se señala el área libre de sombras disponible (112 m^2) y el área disponible para el centro de transformación:



Figura 1: Área disponible para la instalación del SFV. Fuente: SIGPAC

En lo referente a la demanda energética de la vivienda se ha hecho uso de las facturas eléctricas, y a partir de ellas se estimó un consumo promedio de 20 kWh diarios, siendo

mayor el consumo en el periodo de invierno y menor en el periodo de verano. La tabla 1 muestra la distribución del consumo a lo largo del año.

MES	kWh/mes	kWh/día
Enero	750	24
Febrero	600	21
Marzo	500	16
Abril	740	25
Mayo	730	24
Junio	400	13
Julio	300	10
Agosto	500	16
Septiembre	550	18
Octubre	700	23
Noviembre	750	25
Diciembre	800	26
MEDIA	610	20

Tabla 1: Demanda energética

Respecto a la disponibilidad del recurso solar, se considera que la radiación recibida por la instalación fotovoltaica dependerá de la radiación recibida en una superficie horizontal, pero para optimizar la energía captada se les da cierta inclinación a los paneles, y por lo tanto se trata de una radiación para una superficie inclinada. En consecuencia, para comenzar el cálculo se necesita conocer la radiación solar sobre superficie horizontal, que como se ha comentado anteriormente, se obtiene a partir de las tablas proporcionadas por CENSOLAR (ver tabla 2):

MES	G _{dm(0)} kWh/m ² día
Enero	1,47
Febrero	2,14
Marzo	2,94
Abril	3,47
Mayo	4,17
Junio	4,22
Julio	4,67
Agosto	4,11
Septiembre	3,44
Octubre	2,72
Noviembre	1,64
Diciembre	1,28
MEDIA	3,02

Fuente: CENSOLAR (2007)

Tabla 2: Radiación sobre superficie horizontal

A continuación se calcula el ángulo de inclinación óptimo para cada mes del año, es decir, aquél que maximiza la energía captada por el panel (también con la ayuda de unas tablas que proporciona CENSOLAR). Y así se puede calcular la máxima radiación que puede ser captada en cada mes del año (ver tabla 3):

Mes	Ángulo óptimo(°)	Radiación horizontal (kWh/m ² .día)	Radiación inclinada (kWh/m ² .día)
Enero	52,5	1,47	2,15
Febrero	45	2,14	2,84
Marzo	35	2,94	3,53
Abril	27,5	3,47	3,82
Mayo	17,5	4,17	4,38
Junio	15	4,22	4,35
Julio	17,5	4,67	4,90
Agosto	27,5	4,11	4,56
Septiembre	37,5	3,44	4,31
Octubre	50	2,72	3,97
Noviembre	57,5	1,64	2,66
Diciembre	57,5	1,28	2,03

Tabla 3: Ángulo óptimo y radiación sobre superficie inclinada

Como el ángulo ha de ser fijo, porque en la instalación no se dispone de seguidor solar, se procede a calcular el ángulo óptimo absoluto, es decir, aquél para el cual la radiación recibida a lo largo de todo el año sea máxima. Para ello se determina la radiación recibida cada mes del año para cada posible inclinación (entre 20° y 60°). A continuación se calcula la radiación total recibida en un año para cada inclinación, y se elige el ángulo que corresponde a la radiación total anual máxima. En nuestro caso resulta ser 35°.

En la tabla 4 se recogen los valores de la irradiación solar captada con un ángulo de inclinación de los paneles de 35° (ángulo óptimo):

Mes	Rad. inclinada (kWh/m ² .día)
Enero	2,08
Febrero	2,80
Marzo	3,53
Abril	3,78
Mayo	4,21
Junio	4,14
Julio	4,71
Agosto	4,52
Septiembre	4,31
Octubre	3,87
Noviembre	2,49
Diciembre	1,92

Tabla 4: Irradiación solar captada con el ángulo óptimo

Una vez realizados los estudios técnicos, se puede realizar el cálculo de la instalación, y se va a comenzar determinando el número de paneles solares necesarios.

En este caso, el performance ratio ha resultado ser de 0,69 resultado del producto al evaluar los diferentes rendimientos que intervienen en una instalación fotovoltaica.

La potencia pico del panel elegido es de 230 Wp.

Las HPS equivalen a 3,53h/día (coinciden con la irradiación solar media anual).

Como premisa, se ha optado por cubrir una sexta parte de la demanda energética de la vivienda (no se cubre la totalidad debido al elevado coste de este tipo de instalaciones), con lo cual, el cálculo del número de paneles viene dado por:

$$\text{No. Paneles} = \frac{1}{6} \left(\frac{20000}{0,69 \cdot 3,53 \cdot 230} \right) = 5,95 \approx 6 \text{ Paneles}$$

En la tabla 5 se calcula la energía que proporciona cada panel y la energía total que suministra la instalación de dos formas diferentes:

- Multiplicando la energía de cada panel por el número de paneles
- Multiplicando la irradiación por el área total de los paneles (1,6m x 1,047m x 6 paneles) y por el rendimiento de las células (13,7%)

Además, se calcula el porcentaje de energía que cubre la instalación para cada mes del año (tabla 5):

Mes	Ener. Panel Wp*HPS*PR	Energía campo FV Wh/día			%
		Ener. Panel * Num. Paneles	Gmed(α,β)*AcampoFV *ηpanel*PR	kWpcampoFV *HPS*PR	
Enero	334,99	2009,93	2004,31	2008,66	8,37
Febrero	449,86	2699,13	2609,73	2697,54	12,85
Marzo	564,39	3386,34	3341,96	3384,48	21,16
Abril	601,53	3609,19	3579,74	3607,37	14,44
Mayo	659,04	3954,25	3980,41	3952,74	16,48
Junio	638,67	3832,02	3913,67	3831,01	29,48
Julio	720,52	4323,14	4458,05	4322,35	43,23
Agosto	691,33	4147,98	4277,29	4147,22	25,92
Septiembre	664,55	3987,29	4072,36	3986,25	22,15
Octubre	611,35	3668,10	3656,19	3666,40	15,95
Noviembre	404,00	2424,02	2356,19	2422,38	9,70
Diciembre	315,65	1893,88	1812,86	1892,35	7,28

Tabla 5: Energía producida por el campo FV

Finalmente, las características de la instalación FV son:

- Número de paneles: 6
- Potencia pico del subsistema FV:

$$Potencia\ Pico = Wp_{panel} \cdot No.\ Paneles$$

$$Potencia\ Pico = 230 \cdot 6 = 1,380\ kWp$$

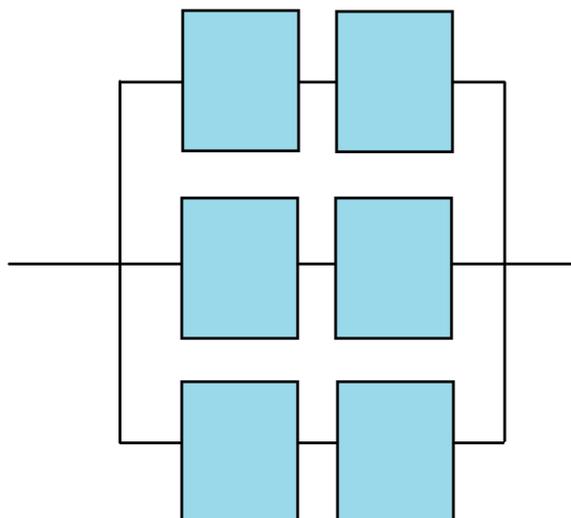
- Producción anual: 4,37 GJ
- Número de paneles en serie:

$$Paneles\ Serie = \frac{V_{inversor}}{V_{no\ min\ al}} = \frac{48}{24} = 2$$

- Número de paneles en paralelo:

$$Paneles\ Paralelo = \frac{No.\ Paneles}{Paneles\ Serie} = \frac{6}{2} = 3$$

Así, el arreglo del Sistema quedaría formado por tres ramas en paralelo de dos paneles en serie cada una, tal y como se muestra en el esquema de la figura siguiente:



Fuente: Elaboración propia

Figura 2: Conexión entre los paneles (instalación aislada)

A continuación se estima la capacidad necesaria de las baterías. El consumo para el que habrá que diseñar las baterías será el correspondiente al mes de julio (aunque es el de menor demanda energética, es en este mes cuando más energía procedente de la instalación FV se consume, ya que es cuando más se produce, como se puede ver en la tabla 5). El consumo de energía solar FV en el mes de julio es de 4323 Wh/día. Pero hay que tener en cuenta el rendimiento energético, por lo tanto en lugar de 4323 Wh/día serán 6550 Wh/día:

$$\text{Consumo (Ah)} = \frac{\text{Consumo}}{V_{\text{nominal}}} = \frac{6550}{48} = 136,45 \text{Ah}$$

La capacidad de la batería está en función de los días de autonomía y de la profundidad de descarga. Sin embargo, cuando las baterías operan a temperaturas distintas a la media estándar (25°C), hay que realizar una corrección por temperatura:

$$\text{Corrección_temperatura} = 1 + 0,01 * (\text{Temp_ambiente} - 25^\circ\text{C})$$

$$\text{Corrección_temperatura} = 1 + 0,01 * (20^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}) = 0,95$$

(Fuente: CENSOLAR)

Si denominamos:

- A: Consumo en amperios-hora
- B: Días de autonomía
- C: Profundidad de descarga
- D: Corrección por temperatura

$$\text{Capacidad}_{\text{bateria}} = \frac{(A * B)}{(C * D)} = \frac{136,45 * 3}{0,7 * 0,95} = 615,56 \text{Ah}$$

La profundidad de descarga y los días de autonomía se han elegido para que estén dentro de lo permitido según el Pliego de Condiciones Técnicas para Instalaciones Aisladas de la Red. Además de este dato, para elegir una batería es necesario saber el régimen de descarga (Cx), que se calcula del siguiente modo:

$$C_x = \frac{\text{horas trabajo} * \text{días autonomía}}{\text{profundidad descarga}} = \frac{24 * 3}{0,7} = 102,85$$

Entonces la batería deberá tener una capacidad mínima de 615,56 A.h y un régimen de descarga C100.

El sistema regulador se elige a partir de la tensión del sistema (48V) y de la intensidad pico del sistema generador (14,4A). De acuerdo con el PCT para instalaciones aisladas, la intensidad mínima del regulador tendrá que ser un 25% mayor que la intensidad pico total del sistema generador, por tanto será al menos de 18A.

El inversor tendrá que cumplir dos requisitos básicos:

- 1) La tensión nominal del inversor debe ser igual a la tensión de trabajo (48V).
- 2) La potencia nominal debe ser un 10 ó un 15% superior a la potencia demandada (de acuerdo con el PCT para instalaciones aisladas), que será la correspondiente al mes de mayor insolación (julio) y será de 220W.

Una vez definida la instalación, se va a proceder a realizar una valoración económica, para saber si el proyecto es viable desde el punto de vista económico y financiero. En primer lugar, se hará el presupuesto y posteriormente se calcularán los parámetros VAN y TIR.

3.1 Presupuesto-1

Presupuesto de la instalación FV aislada				
Beneficio industrial + gastos (19%)		IVA (16%)	TOTAL	
2.786,26 €		2.792,12 €	20.242,88 €	
Nombre	Descripción	Cantida	Coste unitari	Total
Paneles fotovoltaicos				
Panel FV	Isofotón IS-230 (230W)		680,00	4.080,00
Total de paneles fotovoltaicos				4.080,00
Elementos auxiliares				
Baterías	6opzs420		1.150,00	9.200,00
Inversor	AJ 400-48		400,00	400,00
Regulador	SUMSOL RS-30		200,00	200,00
Cableado	RV-K 0,6/1kV		0,60	27,00
Protecciones			300,00	300,00
Total de elementos auxiliares				10.127,00
Montaje				
Estructuras soporte			57,50	57,50
Mano de obra			400,00	400,00
Total de montaje				457,50
TOTAL INSTALACIÓN FV				14.664,50

Tabla 6: Presupuesto de la instalación FV aislada

VAN-1

Para calcular el valor actualizado neto (VAN), se ha estimado una vida de la instalación de 30 años, y una tasa de interés constante del 1,3%. El beneficio de la inversión será el ahorro en energía: 1214kWh anuales al precio de 0,14€/kWh.

VAN=-16043,05

A la vista de este resultado, se concluye que la instalación aislada no es rentable.

TIR-1

Se denomina tasa interna de retorno (TIR) a la tasa de interés que hace que el valor actualizado neto (VAN) de una inversión sea igual a cero. En este caso no se puede calcular la TIR porque el VAN es negativo, y por tanto ningún valor de la tasa interna de retorno puede hacerlo nulo.

En el presupuesto anterior se puede observar que las baterías suponen un 64% del total del desembolso económico. Esto nos lleva a valorar la siguiente cuestión: ¿hasta qué punto son imprescindibles? Es cierto que, cuando la producción de energía solar es elevada y no hay consumo de energía, las baterías almacenan esa energía para utilizarla cuando la producción es menor o nula. Pero a la vista del elevado coste de la acumulación de energía, puede ser interesante valorar cuánta energía se pierde si la instalación carece de baterías.

Para ello es necesario hacer un estudio más exhaustivo de la producción de energía solar FV y el consumo energético para cada hora del día y cada mes del año. Si el consumo nunca es inferior a la producción de energía, quiere decir que no se pierde energía.

En la figura 3 se muestra la demanda de energía (se ha realizado un estudio más exhaustivo):

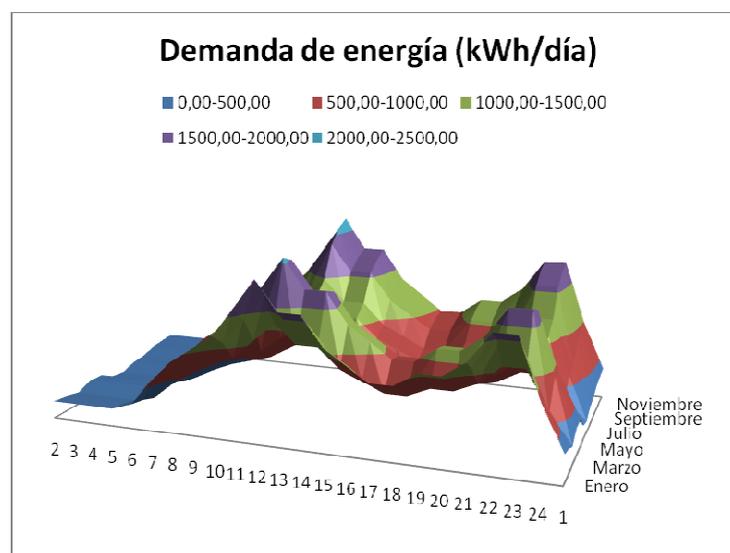


Figura 3: Consumo de energía por tramos horarios

Y en la figura 4 se muestra la producción de energía por cada tramo horario:

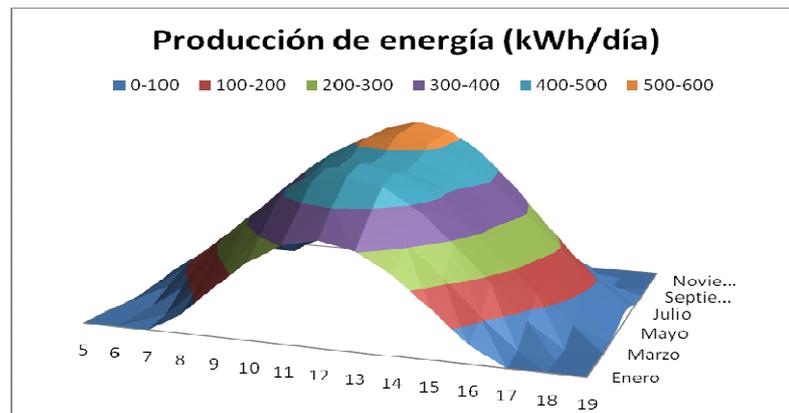


Figura 4: Energía producida en cada tramo horario

Y ahora simplemente hay que comparar la energía producida con la demanda energética. La diferencia entre la demanda y la producción de energía se representa en la figura 5:

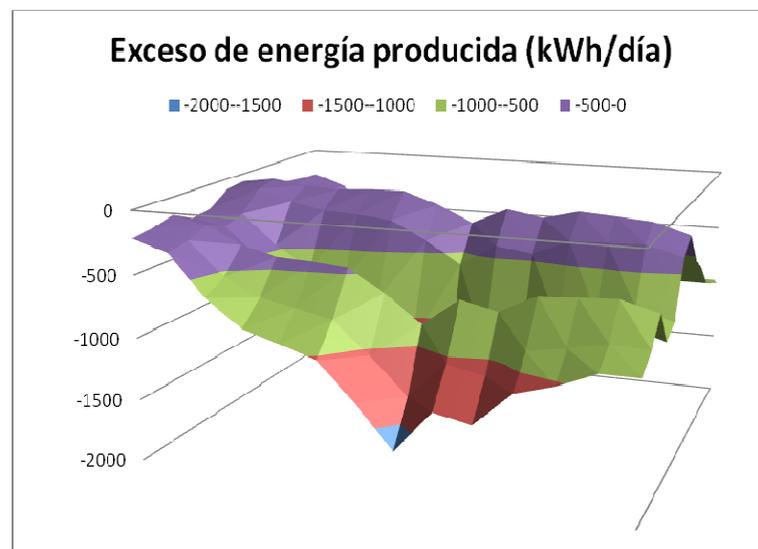


Figura 5: Exceso de energía producida

Se puede apreciar que en ningún momento del año se pierde energía, y la instalación es un 64% más barata.

Esto nos lleva a plantearnos la siguiente cuestión: ¿por qué en el caso anterior se concluyó que eran necesarias tantas baterías? Y la respuesta es muy sencilla: se ha seguido el esquema para calcular una instalación aislada, pero en nuestro caso no se trata de una instalación aislada típica, ya que parte de la demanda la cubre la compañía suministradora.

3.2 Presupuesto-2

Básicamente es el mismo que antes, pero sin las baterías y el regulador y con un inversor de 600W en lugar de 300W, ya que en este caso cuando la irradiación solar es muy elevada se consume todo lo que se produce. En total es de 7884,15€.

VAN

VAN=-3684,32€

El VAN ha aumentado en un 77% con respecto al anterior. A pesar de ello, la instalación sigue sin ser rentable.

TIR

Del mismo modo que antes, la TIR no se puede calcular.

3.3 Sistema de conexión a red

Como hemos podido comprobar, la instalación FV aislada de la red no es rentable. Por tanto, se va a realizar ahora el estudio para una instalación conectada a la red, porque el beneficio económico será mayor, ya que cada kWh fotovoltaico supondrá un ingreso de 0,34€ en lugar de un ahorro de 0,14€ como en el caso anterior.

Además, aunque la instalación FV aislada hubiera sido rentable, en la actualidad no hubiera sido posible llevarla a cabo, ya que la legislación española no permite abastecer una vivienda con energía solar FV y a la vez con energía proveniente de la red eléctrica. En otros países como Italia, Dinamarca, EE.UU. o Japón este tipo de instalaciones están permitidos.

Posiblemente sea probable, a la vez que beneficioso, que dentro de pocos años sea posible llevar esto a cabo en España, porque reúne las ventajas de los dos tipos de instalaciones (aisladas y conectadas a la red), ya que en este caso ni son necesarias las baterías ni se producen pérdidas en el transporte de energía (la energía se consume en el momento y el lugar en que se produce).

El hecho de que una vivienda se esté abasteciendo de la energía proveniente de una central térmica de carbón y a la vez esté produciendo energía que se vierte a la red para ser consumida en otro lugar va en contra de cualquier criterio de eficiencia energética. Por lo

tanto en un futuro próximo sería necesario promover este otro tipo de instalaciones altamente eficientes.

Se estudiará seguidamente la instalación conectada a la red en donde la única posibilidad legal actualmente es el vertido de la electricidad generada a la red, al estar prohibido el autoconsumo total o parcial.

En el caso de la instalación aislada, para calcular el número de paneles necesarios había que definir la parte del consumo que debería cubrir la instalación. Pero en este caso ya no dependerá del porcentaje que se quiera cubrir del consumo doméstico, porque será una instalación conectada a la red.

El diseño se hará para 12 paneles (el doble de los considerados hasta ahora), debido a que la instalación será más barata porque no necesita baterías (que suponen aproximadamente la mitad de la inversión). Con más paneles ya podría haber problemas de superficie disponible, por tanto se considera que 12 es un número de paneles razonable.

Para poder comparar esta instalación con la anterior, se realiza la tabla 7 de energía producida en cada mes del año:

Mes	Ener. panel	Energía campo FV Wh/día		
		Ener. Panel * Nun Paneles	$G_{med}(\alpha, \beta) * A_{campoFV} * \eta_{panel} * PR$	$kWp_{campoFV} * HPS * PR$
	$Wp * HPS * PR$			
Enero	424,42	5.093	5.027	5.093
Febrero	561,25	6.735	6.647	6.735
Marzo	715,06	8.581	8.469	8.581
Abril	762,12	9.145	9.027	9.145
Mayo	834,98	10.020	9.889	10.020
Junio	809,17	9.710	9.584	9.710
Julio	912,88	10.955	10.812	10.955
Agosto	875,89	10.511	10.374	10.511
Septiembre	841,96	10.104	9.972	10.104
Octubre	774,56	9.295	9.174	9.295
Noviembre	511,86	6.142	6.062	6.142
Diciembre	399,91	4.799	4.737	4.799

Tabla 7: Producción energética de la instalación conectada a red

Características de la instalación:

- Número de paneles: 12
- Potencia pico del subsistema FV:

$$Potencia\ Pico = 230 \cdot 12 = 2,760\ kWp$$

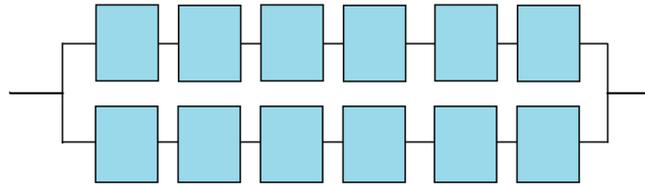
- Producción anual: 11,09 GJ
- Número de paneles en serie:

$$Paneles\ Serie = \frac{V_{inversor}}{V_{no\ min\ al}} = \frac{144}{24} = 6$$

- Número de paneles en paralelo:

$$Paneles\ Paralelo = \frac{No.\ Paneles}{Paneles\ Serie} = \frac{12}{6} = 2$$

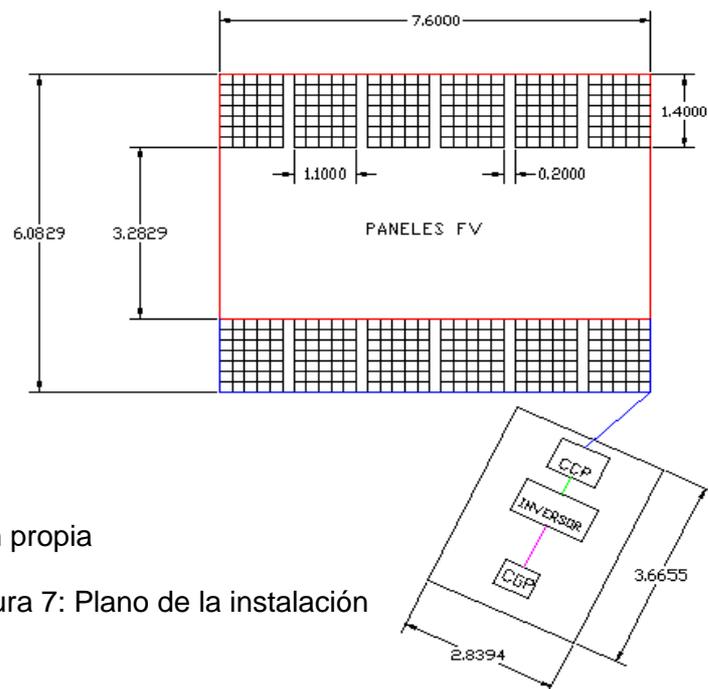
En la figura 6 se puede ver un esquema de la conexión entre los paneles:



Fuente: Elaboración propia

Figura 6: Conexión entre los paneles (instalación conectada)

La instalación detallada se recoge en el plano de la figura 7:



Fuente: Elaboración propia

Figura 7: Plano de la instalación

3.2.1 Presupuesto

A continuación se muestra el estudio económico de la instalación conectada.

Presupuesto de la instalación FV conectada				
Beneficio industrial + gastos (19%)		IVA (16%)	TOTAL	
2.214,43 €		2.219,09 €	16.088,42 €	
Nombre	Descripción	Cantida	Coste unitari	Total
Paneles fotovoltaicos				
Panel FV	Isofotón IS-230 (230W)		680,00	8.160,00
Total de paneles fotovoltaicos				8.160,00
Elementos auxiliares				
Inversor	AJ 700-48		2.119,00	2.119,00
Cableado	RV-K 0,6/1kV 1x1,5		0,12	4,00
Cableado	RV-K 0,6/1kV 2x4		0,94	14,10
Cableado	RV-K 0,6/1kV 2x4		0,94	18,80
Cableado	RV-K 0,6/1kV 2x2,5		0,60	24,00
Protecciones			500,00	500,00
Total de elementos auxiliares				2.679,90
Montaje				
Estructuras soporte			57,50	115,00
Mano de obra			700,00	700,00
Total de montaje				815,00
TOTAL INSTALACIÓN FV				11.654,90

Tabla 8: Presupuesto de la instalación conectada a red

VAN

VAN=9789,49€

Se puede comprobar que en este caso la instalación es muy rentable.

TIR

En este caso sí se puede calcular la tasa interna de retorno. Se ha calculado con la función TIR del programa Excel y resulta ser de:

TIR=5,01%

4 Discusión de resultados

Como ya se ha dicho anteriormente para la instalación de 6 paneles, actualmente en España no se puede abastecer a una misma vivienda con energía fotovoltaica y a la vez con energía proveniente de la red. Sin embargo, es una solución más eficiente que cualquiera porque la energía producida se consume “in situ”. Además, como muestra el estudio que se presenta a continuación, en el caso de la instalación de 12 paneles se pueden dar tres posibles situaciones dependiendo de la hora del día y el mes del año:

- La instalación FV abastece todo el consumo de la vivienda y la energía sobrante se vende a la red
- La instalación FV cubre parte de la demanda energética de la vivienda y lo que falta lo cubre la compañía suministradora
- La instalación FV no produce energía (cuando la insolación es insuficiente) y la compañía suministradora abastece todo el consumo de la vivienda

En el caso de la instalación con 6 paneles esto no sucede porque en ningún momento se produce más de lo que se consume. Entonces la vivienda tendría que estar conectada a la red y la instalación debería estar conectada solamente a la vivienda. Pero para la instalación de 12 paneles, en los meses de junio, julio, agosto y septiembre durante las horas centrales del día se produce más energía de la que se consume:

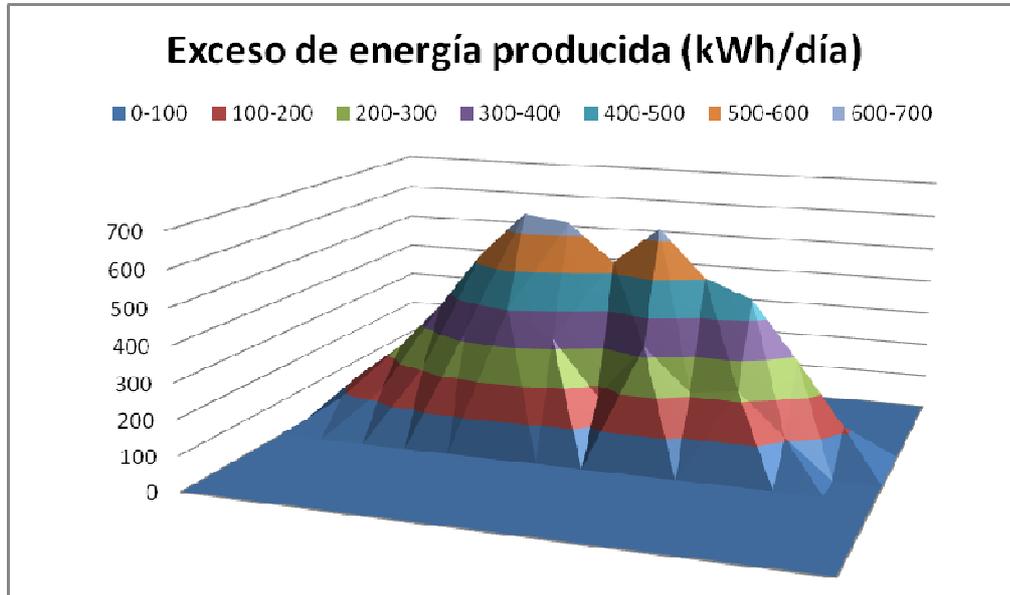


Figura 8: Exceso de energía producida en la instalación de 12 paneles

En total se producirían 287kWh/año en exceso, que suponen un 10% de la producción anual.

Entonces la instalación FV tendría que estar conectada tanto a la vivienda como a la red. Esta sería la solución ideal, y lo que se haría en este caso sería una facturación neta: la compañía eléctrica cobraría el consumo de la vivienda restándole la energía que la instalación ha cedido a la red. Esta sería la solución ideal en cuanto a eficiencia energética.

Sin embargo, esta instalación, además de no estar permitida por la legislación vigente, tampoco sería rentable debido a que el kWh FV se remuneraría a 0,14€, precio de la energía convencional, en lugar de 0,34€, que es el que se paga por el kWh fotovoltaico. En un futuro, el precio pagado por el kWh fotovoltaico debería ser este último, ya que no sería aceptable que las primas fueran sólo para instalaciones conectadas a red.

5 Conclusiones

Las conclusiones principales a las que se ha llegado en este documento son las siguientes:

- 1) El estudio económico para una instalación FV aislada con baterías, regulador e inversor nos lleva a concluir que no es rentable. Si la instalación carece de baterías, la inversión se reduce en un 64%, aunque sigue sin ser rentable. Hay que señalar, por otra parte, que en esta instalación la solución de suministrar electricidad a la red y recibirla de ella según que la generación sea superior o inferior al consumo propio no está permitido por la legislación española en vigor.
- 2) Si la instalación FV se conecta a la red, además de ser rentable económicamente, se soluciona el problema legal, ya que la legislación española permite este tipo de instalaciones.

6 Bibliografía

“Energía solar fotovoltaica”, Javier M^a Méndez Muñoz y Rafael Cuervo García, Fund. Confemetal (2009) ISBN: 978-84-96743-29-8

“Instalaciones solares fotovoltaicas”, Enrique Alcor Cabrerizo, Ed. Progensa (2008) ISBN: 978-84-95693-45-7

“Fundamentos y aplicaciones de la energía solar térmica”, J. I. Prieto, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Oviedo (1998) ISBN: 978-84-7468-966-2

“Curso de experto profesional en energía fotovoltaica” (UNED), Ed. Progensa (2009) ISBN: 978-84-95693-49-5

“Energía solar fotovoltaica en la Comunidad de Madrid” (ASIF), Ed. Print a porter (2003)

Organismos:

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)

IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía)

ASIF (Asociación de la Industria Fotovoltaica)

ASIT (Asociación Solar de la Industria Térmica)

CENSOLAR (Centro de estudios de la Energía Solar)

EPIA (European Photovoltaic Industry Association)

CNE (Comisión Nacional de la Energía)

CIEMAT (Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas)

UNESA (Asociación Española de la Industria Eléctrica)

Páginas web:

www.erenovable.com (Blog de energías renovables)

www.ujaen.es (Universidad de Jaén)

www.nrel.gov (National Renewable Energy Laboratory)

www.solarweb.net (El portal de la energía solar)

www.euroobserv-er.org (El observatorio de las energías renovables)

7 Agradecimientos

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a las personas del Departamento de Energía de la Escuela de Minas de Oviedo que me han ayudado a llevar a cabo este proyecto: María Jesús Blanco Acebal, Eunice Villicaña Ortiz y Jorge Xiberta Bernat.