



ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO DE INSTALACIONES SOLARES DIVERSAS EN PEÑARROYA DE TASTAVINS



PROMOTOR: AYUNTAMIENTO DE PEÑARROYA DE TASTAVINS

LOCALIZACIÓN: PEÑARROYA DE TASTAVINS (TERUEL)

FECHA: ABRIL DE 2019

REALIZADO POR:

CARLOS MONTERO PABLO.- Graduado en Ingeniería Electrónica y Automática.
Nº de Colegiado COGITAR: 9691 - eMail: cmontero.pa@gmail.com

VALORACIÓN: INSTALACIONES SOLARES FOTOVOLTAICAS
DIVERSOS MUNICIPIOS EN PEÑARROYA DE TASTAVINS (TERUEL)

Contenido

1.- OBJETO	5
2.- ANTECEDENTES	8
1. Depósito de agua de la localidad	8
2. Granja en el polígono	8
3. Cementerio.....	9
4. Emisor TV.....	9
5. Instalación de las piscinas municipales	9
3.- INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	13
4.- ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA INSTALACIÓN	17
4.2. EVOLUCIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO FOTOVOLTAICO (piscina)	17
4.2.1. CUADRO DE AMORTIZACIÓN	18
4.2.2. Cálculo del Valor Actual Neto (VAN)	19
4.2.3. Tasa Interna de Retorno (TIR)	19
4.2.4. ANÁLISIS PAY-BACK	20
4.2.5. ANÁLISIS LCOE (Levelized Costs Of Energy)	20

VALORACIÓN: INSTALACIONES SOLARES FOTOVOLTAICAS
DIVERSOS MUNICIPIOS EN PEÑARROYA DE TASTAVINS (TERUEL)

1.- OBJETO

El objeto de este informe es, por un lado, exponer la tipología de instalaciones tipo, relacionando las instalaciones más adecuadas a los suministros indicados a tratar, pertenecientes al municipio y por otro lado, dimensionar el conjunto campo fotovoltaico – inversor/es óptimo con los datos disponibles estimando el ahorro económico que se va a producir en los distintos suministros propiedad del Ayuntamiento de Peñarroya de Tastavins (Teruel).

A continuación se va a tratar información relacionada con la energía fotovoltaica y sus diferentes modalidades.

Ilustración 1. Ejemplo de instalación fotovoltaica sobre tejado



Ilustración 2. Ejemplo de instalación fotovoltaica con método inca

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO

El autoconsumo consiste en la producción de energía eléctrica conectada directamente a la red interior del consumidor, donde se consume parte de esta energía y el resto se vuelca a la red de distribución eléctrica.

El esquema que presentado a continuación describe la conexión de la planta solar fotovoltaica a la red interior del usuario:

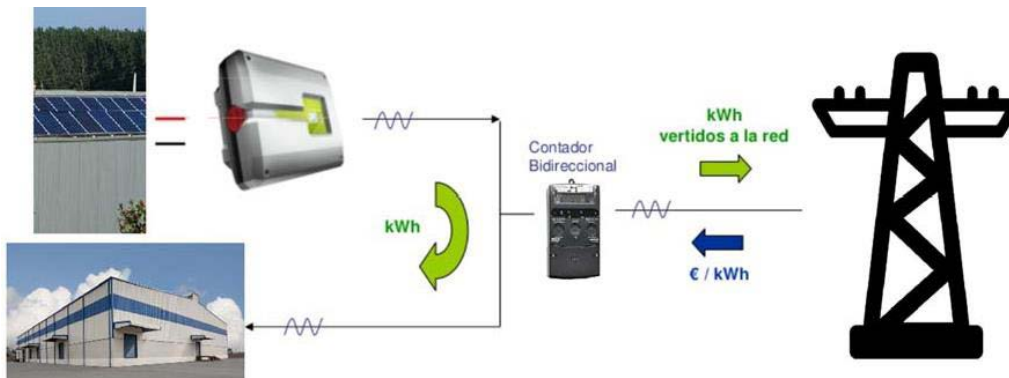


Ilustración 3. Esquema de autoconsumo

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA AISLADA

Sistema "AC-Coupling", descrito en el siguiente esquema:

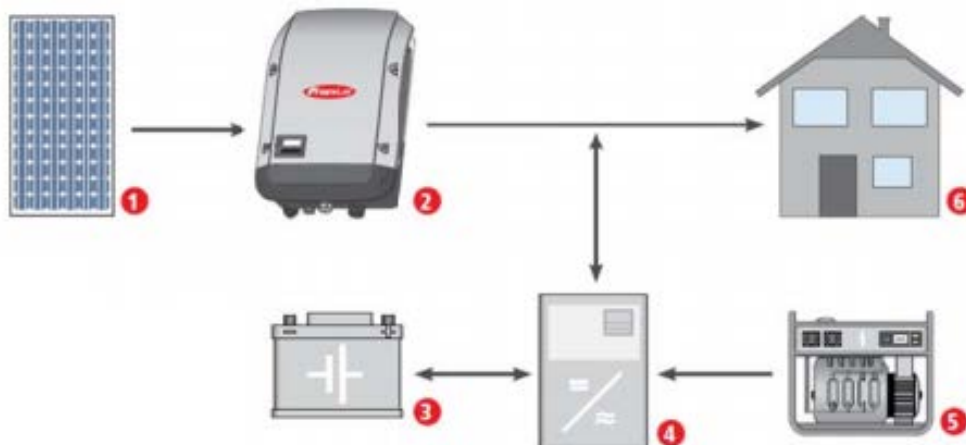


Ilustración 4. AC Coupling

Como se puede observar, el sistema FV (1) alimenta directamente las cargas (6) mediante un inversor con un rendimiento de alrededor del 97%. El excedente se empleará para cargar el banco de baterías (3) mediante el inversor/cargador (4).

En caso de radiación insuficiente, el sistema se alimentará combinando la radiación existente con la energía procedente del banco de baterías (3). En caso de que éstas alcancen el nivel de descarga mínimo establecido, el inversor/cargador (4) pondrá en marcha el generador para alimentar las cargas (6) y cargar las baterías (3). De esta manera, el rendimiento de la

VALORACIÓN: INSTALACIONES SOLARES FOTOVOLTAICAS DIVERSOS MUNICIPIOS EN PEÑARROYA DE TASTAVINS (TERUEL)

instalación aumenta hasta un 12% respecto al sistema “DC coupling”, además de alargar la vida útil de las baterías.

Este sistema está orientado a viviendas o a consumos mayores. Para consumos menores, como pequeñas iluminaciones o depósitos de agua se utiliza el sistema DC coupling, representado en el siguiente esquema:

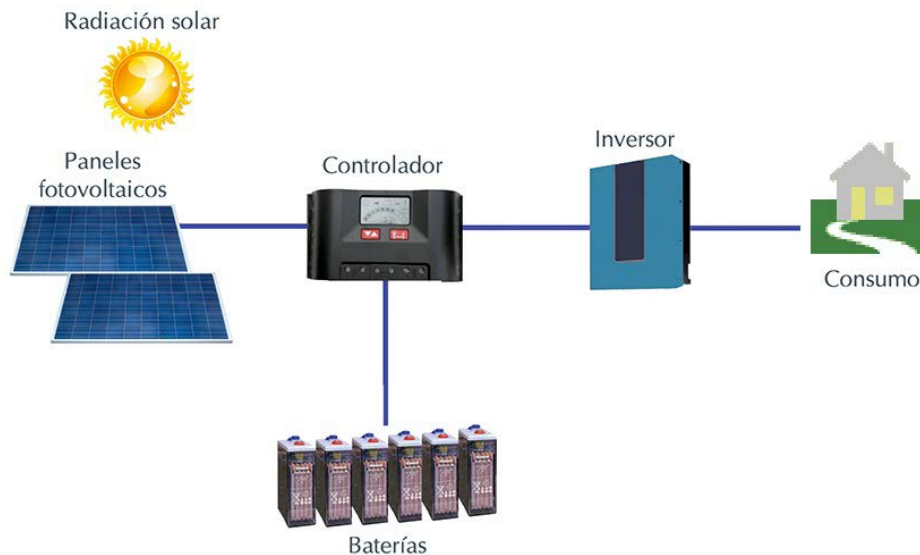


Ilustración 5. DC Coupling

- Los paneles son los encargados de generar electricidad en corriente continua.
- El regulador es el encargado de regular el proceso de carga y cuidar del estado de la batería.
- En el sistema de baterías se almacenará la energía generada por los paneles solares.
- Cuando el inversor detecte consumo, cogerá la energía necesaria de las baterías, la transformará en corriente alterna (CA) y abastecerá las necesidades.

2.- ANTECEDENTES

Los usos de los suministros pertenecientes al municipio a valorar son los siguientes:

1. Depósito de agua de la localidad



Ilustración 6

2. Granja en el polígono



Ilustración 7

3. Cementerio



Ilustración 8

4. Emisor TV

5. Instalación de las piscinas municipales



Ilustración 9

VALORACIÓN: INSTALACIONES SOLARES FOTOVOLTAICAS
DIVERSOS MUNICIPIOS EN PEÑARROYA DE TASTAVINS (TERUEL)

En base a las facturas eléctricas facilitadas por el cliente y algunas consideraciones expresadas como la preferencia por el desenganche total de la red eléctrica, se han obtenido los siguientes datos.

- El suministro de la **piscina**, de 10kW de contratación actual, es el que más consumo tiene de toda la lista. Es un consumo muy irregular pero elevado en los meses clave.

COSTES EN EL TERMINO DE ENERGÍA EN EL ÚLTIMO AÑO:

	P1
TOTAL ANUAL [kWh]	12552
Precio kWh	0,140578 €
€/Periodo	1.764,53 €
€/AÑO (Imp. Incl.)	<u>2.225,29 €</u>

Para atacar y reducir la cantidad anterior en negrita y subrayada, se propone una instalación fotovoltaica de autoconsumo de 10 kW de potencia.

Esta potencia de inversor cubrirá una buena parte de la energía consumida actualmente de la red, sirviendo de apoyo a ésta. Al no ser un consumo constante, se producirán temporadas en las que se compensarán los excedentes y se pagará 0€ de energía.

Haciendo una estimación aproximada, se podría ahorrar el 70-80 % del consumo eléctrico actual, reduciendo la factura anual de 2.225,29€ a 495,49€.

Se planteará **autoconsumo compartido entre las piscinas y el cementerio**, ya que distan unos 330m.

- En el suministro de la **granja** situada en el polígono se plantea un autoconsumo.

Formado por 22 paneles fotovoltaicos de 330W que suman 7,26 kW de potencia nominal a instalar con un inversor de Inversor Red FRONIUS Symo 5-3-M light 7kW. Pasando a una instalación casi 100% renovable, para generar electricidad para el consumo diario de la granja.

Con el objetivo de:

- 1) Reducir la factura eléctrica en la parte de energía consumida.

VALORACIÓN: INSTALACIONES SOLARES FOTOVOLTAICAS DIVERSOS MUNICIPIOS EN PEÑARROYA DE TASTAVINS (TERUEL)

- 2) Eliminar emisiones de CO2 a la atmósfera.
- 3) Mejorar la eficiencia energética de la instalación.
- 4) Reducción de 60-70% del consumo eléctrico anual.

ASPECTOS IMPORTANTES:

Se instalarán los siguientes elementos:

- 22 Paneles de 330W
- 22 módulos de Estructura de aluminio
- Inversor Fronius de 7kW
- Cuadro de control y monitorización de la instalación controlando lo que se vierte a red y el autoconsumo generado.

En los demás suministros se obtienen consumos muy pequeños pero que implican los costes fijos asociados todos los meses. Es aquí donde se plantea el tipo de instalación fotovoltaica aislada y dar de baja el suministro permanentemente.

➤ Suministro del **depósito**

Suministro de electricidad para el consumo diario de los DEPÓSITOS

OBJETIVOS:

- 1) Eliminar la factura eléctrica.
- 2) Eliminar emisiones de CO2 a la atmósfera.

La propuesta consiste en la instalación de un kit formado por módulos fotovoltaicos de 330W, Inversor+Cargador+Regulador MPPT 3000W 24V, estructura de soportación para los paneles y dos Baterías de 12V 250Ah para su conexión en serie.

De esta manera, pasa a ser una instalación aislada de red siendo una instalación 100% de energías renovables, para generar unos 6400Wh/día.

VALORACIÓN: INSTALACIONES SOLARES FOTOVOLTAICAS
DIVERSOS MUNICIPIOS EN PEÑARROYA DE TASTAVINS (TERUEL)

➤ **Suministro del repetidor TV**

Suministro de electricidad para el consumo diario de las antenas de TV.

OBJETIVOS:

- 1) Eliminar la factura eléctrica.
- 2) Eliminar emisiones de CO2 a la atmósfera.

La propuesta consiste en la instalación de un kit formado por módulos fotovoltaicos de 330W, Inversor+Cargador+Regulador MPPT 2000W 24V, estructura de soportación para los paneles y 1 Batería de 12V 250Ah.

De esta manera, pasa a ser una instalación aislada de red siendo una instalación 100% de energías renovables, para generar unos 4000Wh/día.

3.- INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

3.2.1. MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Características eléctricas:

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Potencia nominal	P_{MPP}	330	Wp
Tensión nominal	V_{MPP}	37,2	V
Corriente nominal	I_{MPP}	8,88	A
Corriente de cortocircuito	I_{SC}	9,45	A
Tensión a circuito abierto	V_{OC}	45.6	V
Número de células	-	72	-

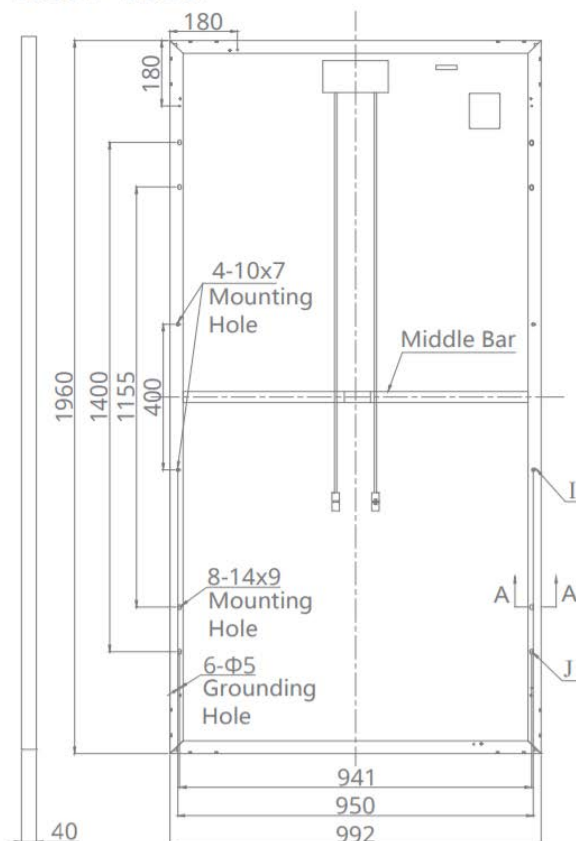
Tabla 1. Características eléctricas módulos fotovoltaicos

Características físicas:

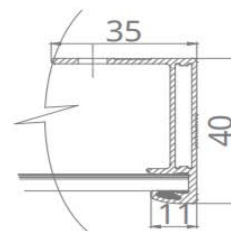
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	VALOR	UNIDAD
Dimensiones (Largo x Ancho x Espesor)	1960x992x40	mm
Masa	22.4	Kg

Tabla 2. Características físicas módulos fotovoltaicos

Rear View



Frame Cross Section A-A



Mounting Hole

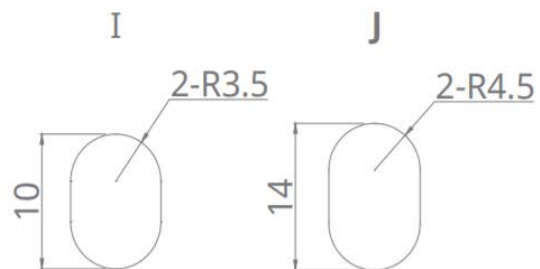


Ilustración 10. Cotas del panel fotovoltaico

VALORACIÓN: INSTALACIONES SOLARES FOTOVOLTAICAS
DIVERSOS MUNICIPIOS EN PEÑARROYA DE TASTAVINS (TERUEL)

3.2.2. INVERSORES SINUSOIDALES MONOFÁSICOS

Es el equipo encargado de transformar la energía procedente del campo solar para alimentar la red del edificio mediante corriente alterna similar a la red.

Mediante la conmutación de semiconductores bidireccionales, se consigue una señal sinusoidal de salida y que suele ser empleada en alimentar la carga. A lo largo de la historia de estos dispositivos, se ha buscado conseguir una señal de salida lo más parecida a una onda sinusoidal perfecta independientemente de la carga.

Las características del inversor han de ser como mínimo, las siguientes:

- Inyección monofásica.
- Este ha de tener varios seguidores PMP para el correcto dimensionado de la tensión de entrada
- Bajo esa condición, su rendimiento ha de ser igual o superior al 97%.
- Debe incorporar un programador de lógicas interno.
- Debe tener un software de comunicación, monitorización y control propio con muestreo de milisegundos, para poder comprobar datos en tiempo real.

En nuestro caso se ha seleccionado para la instalación de la piscina:

SYMO 10.0-3-M

Características eléctricas:

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	VALOR	UNIDAD
Clase de potencia	10	kW
Máxima corriente de entrada	27	A
Máxima corriente de cortocircuito por serie FV	40,5	A
Tensión de entrada nominal	580	V
Rango de tensión de entrada	200-1000	V
Potencia fotovoltaica máx.	15	kWp
Corriente de salida máxima	14,4	A
Factor de potencia	0 - 1 ind./ cap	%
Máximo rendimiento	98.2	%

Tabla 3

Características físicas:

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	VALOR	UNIDAD
Dimensiones (Alto x Ancho x Fondo)	725 x 510 x 225	mm
Peso	34,8	kg

Tabla 4

VALORACIÓN: INSTALACIONES SOLARES FOTOVOLTAICAS DIVERSOS MUNICIPIOS EN PEÑARROYA DE TASTAVINS (TERUEL)

En nuestro caso se ha seleccionado para la instalación de la granja:

SYMO 7.0-3-M

Características eléctricas:

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	VALOR	UNIDAD
Clase de potencia	7	kW
Máxima corriente de entrada	16	A
Máxima corriente de cortocircuito por serie FV	24	A
Tensión de entrada nominal	580	V
Rango de tensión de entrada	150-1000	V
Potencia fotovoltaica máx.	14	kWp
Corriente de salida máxima	10,1	A
Factor de potencia	0 - 1 ind./ cap	%
Máximo rendimiento	98.2	%

Tabla 5

Características físicas:

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	VALOR	UNIDAD
Dimensiones (Alto x Ancho x Fondo)	645 x 431 x 204	mm
Peso	21.9	kg

Tabla 6

3.2.3. SEGURIDAD

La instalación irá protegida mediante un sistema para conseguir grado 2 de protección según EN 50131, compuesto por:

- “Cosido” de los paneles mediante fibra óptica plástica conectada a centralita.

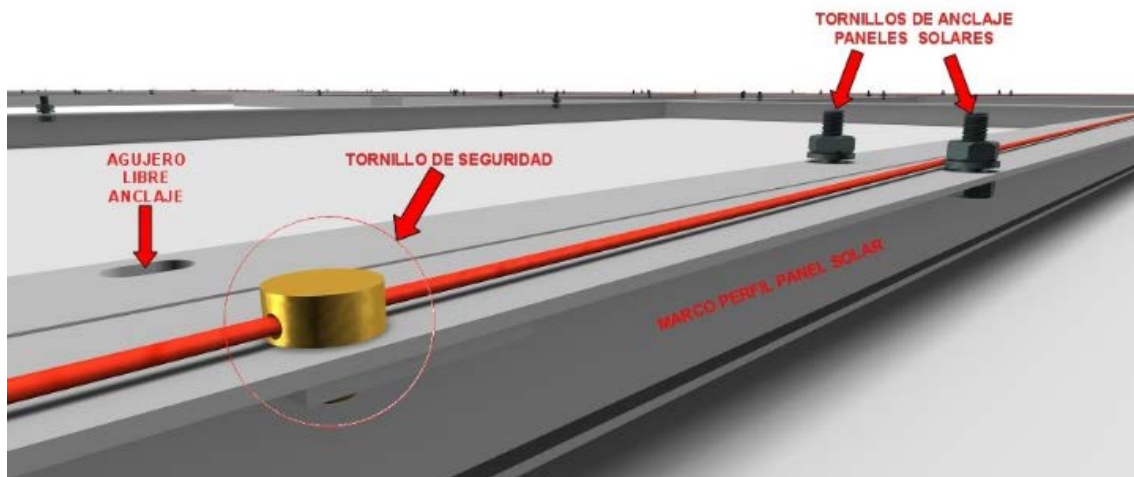


Ilustración 11



Ilustración 12

4.- ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA INSTALACIÓN

El sector fotovoltaico posee unas condiciones actuales muy positivas y desde hace relativamente poco.

Por una parte, el nuevo Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica, que ha sacado al país de la situación de bloqueo con respecto a la energía fotovoltaica que hacía hasta esa fecha, muy difícil su viabilidad.

Hoy en día ya ha cambiado esta situación, dado que el vigente Real Decreto permite diferentes opciones con el último fin del ahorro energético del usuario (como puede ser el autoconsumo compartido y el balance cero).

Por otra parte está la gran bajada de los precios de equipos relacionados con las instalaciones como inversores, módulos fotovoltaicos, elementos de control y un gran número de instaladores ya experimentados, que hacen posible llevar a cabo una gran instalación de una manera rápida, sencilla y mucho más económica comparado con incluso hace 3-4 años.

4.2. EVOLUCIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO FOTOVOLTAICO (piscina)

Con el funcionamiento normal de la instalación, se estiman los siguientes ahorros en el término de energía dejando de adquirir gran parte de la energía procedente de la red:

AHORRO EN LA FACTURA ELÉCTRICA		
TERMINO DE ENERGÍA	Ahorro por energía consumida	1.371,63 €
I.E.E.	Ahorro impuesto especial de electricidad	70,13 €
TOTAL AHORRO ANUAL		1.441,76 €
TOTAL AHORRO ANUAL (IVA incl.)		1.744,53 €
TOTAL AHORRO MENSUAL MEDIO (IVA incl.)		145,38 €

Tabla 7

La vida útil del proyecto es de 27 años, teniendo en cuenta una degradación del módulo fotovoltaico del 0.75% anual. Se considera cero los costes de mantenimiento (limpiar los módulos una vez al año). El precio del Wp instalado es considerado, para este cálculo, en torno a 1 € sin IVA.

VALORACIÓN: INSTALACIONES SOLARES FOTOVOLTAICAS

DIVERSOS MUNICIPIOS EN PEÑARROYA DE TASTAVINS (TERUEL)

4.2.1. CUADRO DE AMORTIZACIÓN

Determinamos la energía aprovechada y calculamos el coste medio de esa energía para conseguir el ahorro estimado del primer año.

En la siguiente tabla se incluyen los siguientes elementos:

- **Año:** Número de años de la vida útil considerada de la instalación.
- **Rendimiento [%]:** Se considera la pérdida de rendimiento a lo largo de su vida útil.
- **Precio medio del kWh [€]:** Se considera una subida anual constante del precio del kWh 4% anual, siendo un dato muy conservador. El precio parte del cálculo del total de kWh consumidos en los últimos 12 meses y el importe pagado por ello.
- **Ahorro [€]:** Es el ahorro que se produce cada año.
- **Flujo anual [€]:** En este caso el flujo anual coincide con el ahorro debido a que podemos considerar cero euros los costes de mantenimiento de esta instalación.
- **Flujo acumulado [€]:** Parte en la inversión de la instalación y se le suma el flujo anual.

Año	Rend. [%]	Producción [MWh]	Precio medio kWh [€]	pagos energía (sin fotovoltaica)	pagos energía futuros	Ahorro total [€]	Flujo anual	Flujo acumulado
0	0	0	0	0	0	0,00 €	-15.000,00 €	-15.000,00 €
1	100,00	16,50	0,106945	2.225,30 €	495,49 €	1.729,81 €	1.729,81 €	-13.270,19 €
2	99,25	16,38	0,111222	2.303,18 €	509,12 €	1.794,07 €	1.794,07 €	-11.476,13 €
3	98,51	16,25	0,115671	2.383,79 €	523,12 €	1.860,68 €	1.860,68 €	-9.615,45 €
4	97,77	16,13	0,120298	2.467,23 €	537,50 €	1.929,72 €	1.929,72 €	-7.685,73 €
5	97,03	16,01	0,125110	2.553,58 €	552,28 €	2.001,30 €	2.001,30 €	-5.684,43 €
6	96,31	15,89	0,130115	2.642,95 €	567,47 €	2.075,48 €	2.075,48 €	-3.608,95 €
7	95,58	15,77	0,135319	2.735,46 €	583,08 €	2.152,38 €	2.152,38 €	-1.456,57 €
8	94,87	15,65	0,140732	2.831,20 €	599,11 €	2.232,09 €	2.232,09 €	775,52 €
9	94,16	15,54	0,146361	2.930,29 €	615,59 €	2.314,70 €	2.314,70 €	3.090,22 €
10	93,45	15,42	0,152216	3.032,85 €	632,52 €	2.400,33 €	2.400,33 €	5.490,55 €
11	92,75	15,30	0,158304	3.139,00 €	649,91 €	2.489,09 €	2.489,09 €	7.979,65 €
12	92,05	15,19	0,164636	3.248,87 €	667,78 €	2.581,08 €	2.581,08 €	10.560,73 €
13	91,36	15,07	0,171222	3.362,58 €	686,15 €	2.676,43 €	2.676,43 €	13.237,16 €
14	90,68	14,96	0,178071	3.480,27 €	705,02 €	2.775,25 €	2.775,25 €	16.012,41 €
15	90,00	14,85	0,185194	3.602,08 €	724,40 €	2.877,67 €	2.877,67 €	18.890,08 €
16	89,32	14,74	0,192601	3.728,15 €	744,32 €	2.983,82 €	2.983,82 €	21.873,90 €
17	88,65	14,63	0,200305	3.858,63 €	764,79 €	3.093,84 €	3.093,84 €	24.967,74 €
18	87,99	14,52	0,208318	3.993,68 €	785,83 €	3.207,86 €	3.207,86 €	28.175,60 €
19	87,33	14,41	0,216650	4.133,46 €	807,44 €	3.326,03 €	3.326,03 €	31.501,63 €
20	86,67	14,30	0,225316	4.278,14 €	829,64 €	3.448,50 €	3.448,50 €	34.950,12 €
21	86,02	14,19	0,234329	4.427,87 €	852,46 €	3.575,41 €	3.575,41 €	38.525,54 €
22	85,38	14,09	0,243702	4.582,85 €	875,90 €	3.706,95 €	3.706,95 €	42.232,49 €
23	84,74	13,98	0,253450	4.743,24 €	899,98 €	3.843,26 €	3.843,26 €	46.075,75 €
24	84,10	13,88	0,263588	4.909,26 €	924,73 €	3.984,52 €	3.984,52 €	50.060,27 €
25	83,47	13,77	0,274132	5.081,08 €	950,16 €	4.130,92 €	4.130,92 €	54.191,19 €
26	82,84	13,67	0,285097	5.258,92 €	976,29 €	4.282,63 €	4.282,63 €	58.473,82 €
27	82,22	13,57	0,296501	5.442,98 €	1.003,14 €	4.439,84 €	4.439,84 €	62.913,66 €
28	81,61	13,47	0,308361	5.633,49 €	1.030,73 €	4.602,76 €	4.602,76 €	67.516,41 €
29	80,99	13,36	0,320695	5.830,66 €	1.059,07 €	4.771,59 €	4.771,59 €	72.288,00 €
30	80,39	13,26	0,333523	6.034,73 €	1.088,20 €	4.946,53 €	4.946,53 €	77.234,53 €

Tabla 8

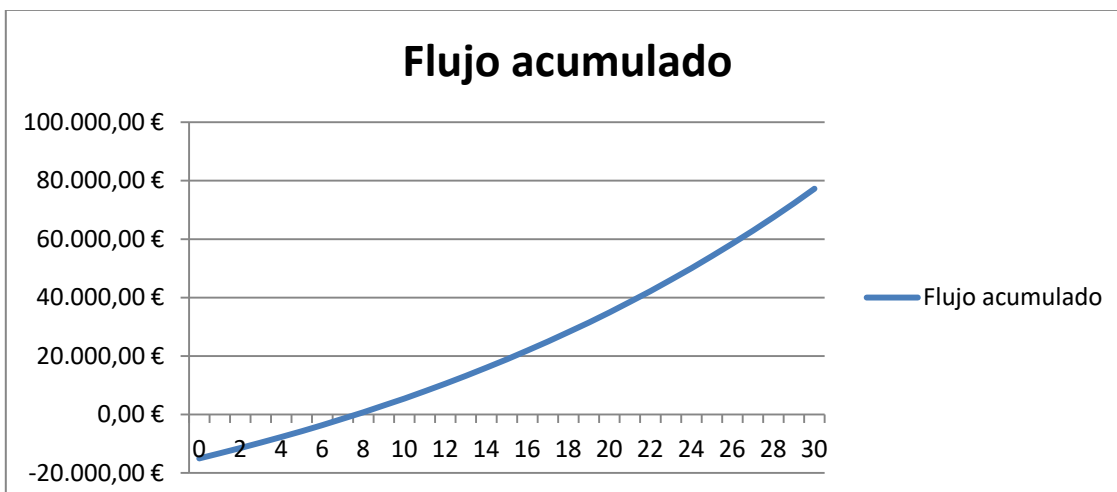


Ilustración 13

4.2.2. Cálculo del Valor Actual Neto (VAN)

El valor Actual Neto consiste en actualizar a valor presente los flujos de caja futuros que va a generar la instalación. Este método es útil para la evaluación de una inversión, pues el VAN ayuda a determinar si la inversión es rentable:

- Cuando el VAN es mayor que cero, el valor actual de los ahorros producidos de la instalación a la tasa elegida, generara una rentabilidad es decir nuestra inversión es viable.
- En el caso de que el VAN sea igual a cero, el proyecto no generará rentabilidad ni perdida.
- Si el VAN resulta menor que cero, la inversión obtendría pérdidas, por lo que no sería viable realizarla.

En su cálculo se incluye la vida útil del proyecto, los flujos de caja que va a generar el proyecto descontados a una determinada tasa de interés, el importe inicial de la inversión y el flujo anual.

El resultado del análisis VAN es:

$$\text{VAN} = 37.777,95\text{€}$$

El análisis del VAN es claramente mayor a cero, lo que indica que la inversión es rentable.

4.2.3. Tasa Interna de Retorno (TIR)

Es el tipo de interés al que se descuentan los flujos futuros de cobros y pagos previstos en una inversión, para igualarlos con el valor inicial de la misma (obteniéndose un Valor Actual Neto igual a 0).

El criterio de selección será el siguiente donde “k” es la tasa de descuento de flujos elegida para el cálculo del VAN:

VALORACIÓN: INSTALACIONES SOLARES FOTOVOLTAICAS

DIVERSOS MUNICIPIOS EN PEÑARROYA DE TASTAVINS (TERUEL)

- Si $TIR > k$, el proyecto de inversión será aceptado. En este caso, la tasa de rendimiento interno que obtenemos es superior a la tasa mínima de rentabilidad exigida a la inversión.
- Si $TIR = k$ o $TIR < k$, el proyecto debe rechazarse. No se alcanza la rentabilidad mínima que le pedimos a la inversión.

En el cálculo de la TIR se tiene en cuenta el flujo anual, el número de años y el valor de la inversión inicial.

El resultado del análisis de la TIR es:

$$TIR = 14,67 \%$$

El análisis de la TIR nos indica que la inversión obtiene ese % de rentabilidad.

4.2.4. ANÁLISIS PAY-BACK

El payback o plazo de recuperación es el plazo que se tardará para que el valor de la inversión inicial sea superado mediante los flujos de caja. De esta forma se obtiene el tiempo que tendrá que pasar para recuperar el dinero que se ha invertido.

El resultado del análisis payback es de:

$$\text{Plazo de recuperación} = 7 \text{ años, } 7 \text{ meses y } 24 \text{ días}$$

4.2.5. ANÁLISIS LCOE (Levelized Costs Of Energy)

El análisis LCOE (de sus siglas en inglés: Levelized Costs Of Energy o Coste Nivelado de la Electricidad de sus siglas en castellano), es la valoración económica del coste de la instalación de generación de electricidad que incluye todos los costos a lo largo de la vida útil del proyecto: la inversión inicial, operación y mantenimiento, costo de capital, etc.

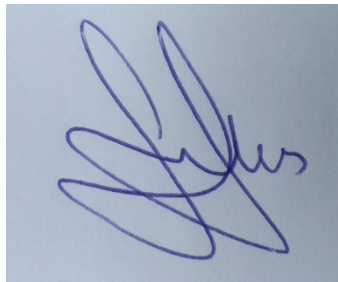
El resultado del análisis LCOE es de:

$$0.03372 \text{ €/kWh}$$

VALORACIÓN: INSTALACIONES SOLARES FOTOVOLTAICAS
DIVERSOS MUNICIPIOS EN PEÑARROYA DE TASTAVINS (TERUEL)

En Peñarroya de Tastavins, ABRIL de 2019

Firmado:

A square image showing a handwritten signature in blue ink. The signature is stylized and appears to read 'Carlos'.

CARLOS MONTERO PABLO. Nº Colegiado COGITIAR 9691
Graduado en Ingeniería Electrónica y Automática.
eMail: cmontero.pa@gmail.com