

El poder de la Concentración: Generador Termovoltaico GT-SPS 1,1 kW

La generación de electricidad partiendo de medios renovables está adquiriendo una gran implantación en los últimos años. Las experiencias obtenidas en la Plataforma Solar de Almería con el desarrollo de nuevos sistemas generadores de electricidad, a través de sistemas térmicos, hace que sea muy interesante profundizar el desarrollo de sistemas alternativos a los tradicionales. Desde el Instituto de Investigaciones Ecológicas, estamos convencidos de que propuestas como la que hoy presentamos son viables técnica y económicamente.

Por todo ello, hemos desarrollado un sistema intermedio capaz de producir corriente eléctrica a partir de la acumulación de calor, como alternativa a la generación eléctrica con placas fotovoltaicas que suponen la asignación de un mayor coste de inversión inicial.

El funcionamiento del sistema se basa en dos componentes básicos:

- Motor Stirling
- Disco Concentrador Solar Parabólico

El Motor Stirling

Este motor podemos clasificarlo como Motor de Combustión Externa o Motor de aire caliente. Es decir, el calor que emplea el motor para funcionar se realiza en el exterior.

De hecho no es un motor novedoso, el ciclo térmico de ciclo cerrado, se inventó hace muchos años ya a mediados el siglo XIX, construyéndose incluso locomotoras con este tipo de motores. Motivos de precariedad en la mecánica de esa época y desconocimiento de la fatiga de materiales hizo que estos motores no generaran mucha potencia en función del peso de los mismos, lo que unido al desarrollo de los motores de combustión externa y las mejoras del refinado del petróleo este tipo de motor se relegó.

Los motores Stirling son más silenciosos, puesto que no es un motor de explosión. Este tipo de motor aplica el calor al pistón por inducción y éste por la expansión y contracción de los gases en su interior produce un trabajo neto en función de la cantidad de calor de entrada y de salida.

Como desventaja del sistema podemos destacar que estos motores tienen un tiempo de reacción muy lento, o sea, que desde que aumenta la temperatura hasta que se traduce en potencia efectiva tarda algo de tiempo, y para los vehículos a motor, esto no es bueno, puesto que un automóvil necesita mucha potencia en poco tiempo. Sin embargo si tendría aplicaciones en motores de barcos e incluso aviones.

Disco Concentrador Solar Parabólico

Mediante un captador se utiliza el calor del sol para incrementar la temperatura de un fluido que circula por su interior. Mediante un concentrador solar parabólico podemos concentrar la radiación solar en un solo punto. Esta concentración permite que se alcancen temperaturas que serían imposibles de obtener mediante captadores planos. Hemos conseguido la energía solar térmica de media y alta temperatura.

Funcionamiento del Sistema

Una vez adaptado los dos componentes al sistema, el funcionamiento del mismo es simple: el concentrador solar parabólico concentra los rayos solares en la parte apropiada de uno o varios motores Stirling que generan un trabajo mecánico, y éste con un alternador, lo convierte en energía eléctrica.

El Generador Termovoltáico *GT-SPS 1,1 kW*.

El Generador consta de tres elementos claves:

Parábola: Este producto se debe manufacturar formando un plato de acero parabólico de 2,2 metros de diámetro (dimensiones apropiadas para conseguir nuestros objetivos), con pintura protectora ante la intemperie, colocando en la parte

cóncava una chapa fina de un aluminio muy reflectante, la cual se adhiere por medio de un adhesivo apropiado.

Motor: El motor Stirling y el alternador se componen de un cilindro de 270 de diámetro x 435 milímetros de largo. Y su peso es de 35 kg. El motor se monta sobre una estructura que une el plato con este y se hace conectar el concentrador con el motor por la parte de arriba, donde está el pistón caliente. El motor tiene una eficiencia del 30 %, así que la parábola está dimensionada para proporcionar un 70 % más de los 1,1 kW que genera. El motor se refrigera por aire. Aunque puede ser refrigerado por agua en cuyo caso se podría utilizar para el consumo diario de una vivienda. No obstante, hay que contemplar que el motor necesita una refrigeración constante, con lo cual, si el agua caliente acumulada llega al máximo de su capacidad debería de “gastar” agua para el motor en su refrigeración.

El motor tiene una Culata modificada, para que tenga una extensión apropiada a nuestros objetivos, siendo esta de forma esférica y color negro. Debe estar situada en el foco de la parábola, para que se caliente al máximo posible al incidir en ese punto todos los rayos que concentra la parábola. En su interior contendrá un gas de trabajo, el cual debería ser Helio, puesto que es un gas económico y sobre todo es uno de los mejores gases conductores del calor. ($C_p = 5,23 \text{ KJ/kg} \cdot \text{K}$).

La culata está diseñada para que haya la mínima distancia desde el punto caliente al motor. De esta forma se minimizan las pérdidas de carga térmica en el trayecto.

Estructura: Para dar estabilidad estructural al conjunto, está diseñada una estructura que mantenga unida la parábola y el motor y pueda orientar el conjunto para que siempre esté orientado al Sol. Para ello tendrá 2 ejes de giro, uno rota todo el conjunto paralelo a la normal del suelo, y el otro inclina lo necesario para mantener la orientación correcta. Para mover la estructura se utilizarán motores Paso-Paso con enclavadotes. O sea, son motores eléctricos que se mueven una cantidad fija y conocida y cuando no lo hacen se enclavan y no permite que lo mueva el viento u otra circunstancia externa hasta unos límites admisibles.

La empresa Norteamericana SUNPOWER tiene disponible los motores Stirling necesarios para el funcionamiento de nuestro sistema. No obstante, puede

realizarse la fabricación nacional del mismo ya que la tecnología está suficientemente disponible en España.

Para que algún generador sea operativo es necesaria la intervención de un sistema de posicionamiento solar, o sea, un dispositivo que ordene a los motores posicionadores las instrucciones necesarias para que oriente la parábola hacia el Sol en todas las horas diurnas.

Sistema de Posicionamiento Solar (S.P.S).

Este cuadro de mandos, de unos 30 x 40 cm, se puede colocar en cualquier pared cercana a los generadores. La parte baja de este sistema servirá para colocar el cableado que enclavará los motores de las parábolas.

Este sistema es más viable que el proporcionar a cada generador un sistema de seguimiento solar autónomo, puesto que incrementaría el costo por unidad, y además sería menos fiable.

Hoy en día es más barato el Software que el Hardware, así que el SPS es básicamente una CPU con un controlador y unos puertos. Un programa que gestione los datos de la latitud y la época del año que corresponda, calculará los giros necesarios de cada motor para que realice un seguimiento solar.

Podemos resumir indicando que el generador es un aparato que genera electricidad. Captura la luz solar mediante un colector parabólico y la concentra en un punto. En ese punto hay un objeto que aumentará de temperatura cediéndola al helio que se encuentra en su interior. Éste gas se expande por el aumento de temperatura, disminuyendo su densidad. Esa expansión hace moverse un pistón de un motor de 4 tiempos en el cual el calor va del pistón caliente al frío, el cual se puede refrigerar por agua o aire o de manera combinada. Éste motor transforma el flujo de calor en un movimiento mecánico de un eje. Si a ese eje le acoplamos un Alternador o una Dinamo, obtendremos electricidad.

Tarifas aplicables a la generación eléctrica

Según los cálculos el generador dará hasta $1,1 \text{ kW}_p$ y las dimensiones más llamativas son la de la parábola que es de unos 2,2 metros de diámetro.

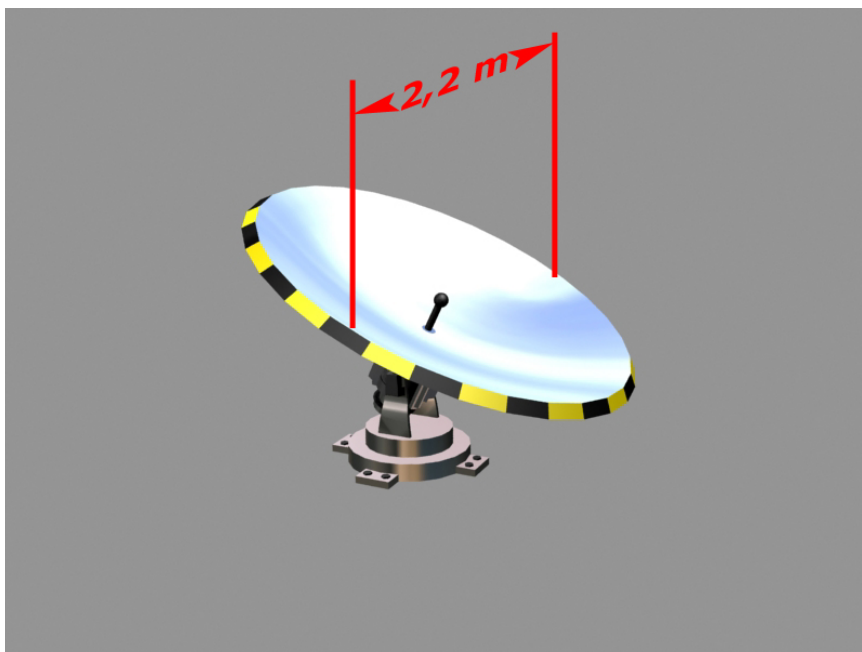


Gráfico 1.1. Vista Frontal del Concentrador Parabólico con captador térmico central



Gráfico 1.2. Vista Posterior del Concentrador Parabólico con motor Stirling en su base

La electricidad generada puede venderse a la compañía eléctrica asignada al área geográfica donde se realiza la instalación, o bien, usarla para el consumo diario. El KWh (kilovatio hora) que compramos a la compañía nos cuesta unos 0,13 €. El Reglamento 436/2004 establece un precio de compra, por parte de las compañías eléctricas, de 0,22 € para este tipo de instalaciones (+300% de la Tarifa Media de Referencia de la energía eléctrica).

Para hacer toda instalación es necesaria la adquisición de un SPS y si se quiere consumir en casa, un juego de baterías que almacenarían la electricidad generada que no se esté consumiendo, con lo que tendríamos aseguradas todas las demandas energéticas de hogares que puedan colocar en tejados o parcelas estos generadores. Como mínimo tres para asegurarse una alimentación en todas las franjas horarias, con la energía acumulada.

El generador suministra unos 1,1 kW_p y el PVP al final del estudio económico sería de 3.340,540 €/u + 1.000 € del SPS (con todos los suplementos para cubrir costes, beneficios e impuestos) y la superficie que cubre sería de aproximadamente 8 m² (contando un margen de seguridad para que la sombra de un generador no caiga sobre el generador de atrás. No obstante, lo ideal es situar en línea los generadores (de forma paralela a la proyección normal que crearía el sol sobre la tierra en su trayecto por el cielo).

La venta de la electricidad a la red según la ley por considerarse en el apartado 1.1.b del reglamento 436/2004 que regula los precios de venta de energías renovables, su precio de venta del kw es a 0,22 €.

Si tomamos en consideración el nº de horas de luz en un año, de 1971 h de luz al año, el generador daría 433,62 € al año. Si el precio de un generador con el SPS es de 4.340,54 € en tiempo de amortización sería de 10 años y 4 días.

Pero hay que tener en cuenta que este es el precio de contando un solo generador, porque hace falta instalar el Sistema de Posicionamiento Solar, que añade 1000 € al precio.

Si tenemos en cuenta que 1 SPS puede controlar muchos generadores, al instalar varios se reducirá el tiempo de amortización.

Por ejemplo, en vez de comprar 1 generador, adquirimos 100, el montante a desembolsar serían 335.054 € y generarían 100 kw que al venderlos darían 43.362 € al año. Por lo tanto, el tiempo de amortización sería de 7 años 8 meses y 21 días.

Si se quisiera generar lo mismo con placas convencionales fotovoltaicas harían falta las siguientes placas fotovoltaicas:

- 20 placas BP 350 de 50w, a PVP de 387 €/u = 7.740 €
- 6 placas BP 3160 S de 150w, a PVP de 1.124 €/u + 2 placas BP 350 de 50w, a PVP de 387 €/u = 7.518 €

Si vendemos esta energía a la red, por ley la compran a 0,42 € el kw, y por tanto aplicando los mismos datos de horas de luz que en el caso anterior el tiempo de amortización sería de 9 años 4 meses y 6 días en el primer caso y 9 años y 29 días en el segundo caso.

La legislación actual abona el kw/h generado por placas fotovoltaicas a 0,42 €. Si hacemos cálculos y extraemos conclusiones de los datos del apartado anterior, podemos afirmar que nuestro producto, es más competitivo que el fotovoltaico en cuanto al desembolso inicial. O sea, para instalar una potencia determinada es más caro utilizar placas fotovoltaicas que el *GT-SPS 1,1 kW*. Es cierto que el precio de venta de la electricidad es más rentable con placas fotovoltaicas, pero lo es a poca potencia instalada, o sea, es más rentable el generador en grandes potencias instaladas. Diez o más generadores instalados se amortizan de la siguiente forma:

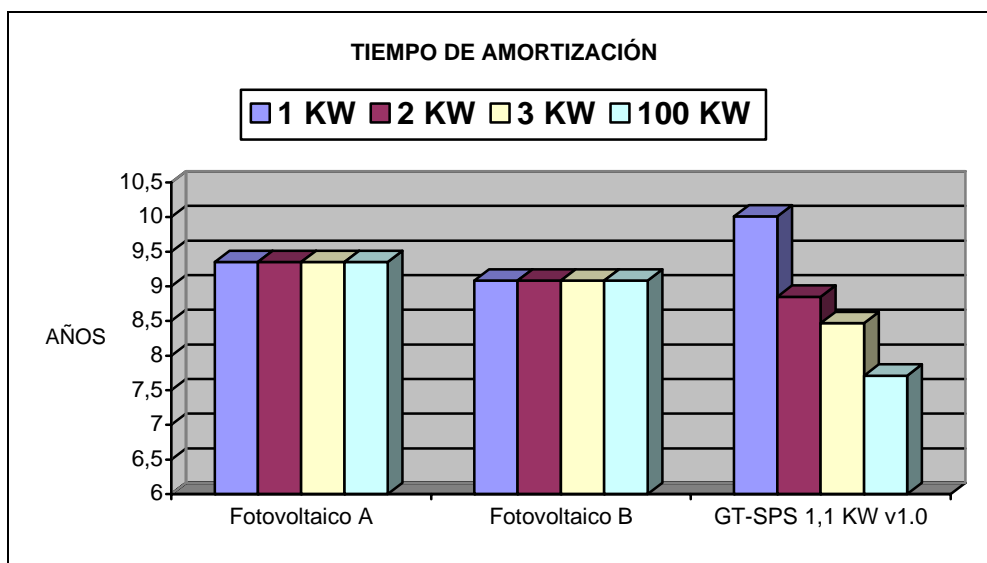


Gráfico 1.3. Amortización según instalaciones

El nicho de mercado para estos sistemas estaría formado por clientes que quieran instalar grandes potencias de generación eléctrica.

Estudio Económico

Para el estudio económico nos hemos basado en la formación de una empresa con una infraestructura que detallaremos y unos costes derivados directos e indirectos.

Costes Fijos	
Alquiler local 1000 m ²	2000 €/mes
Sueldos	7520 €/mes
Luz, agua, teléfono	900 €/mes
Total Costes Fijos	10420 €/mes

Costes Variables	
Parábola + Sup. reflectante	300 €/u
Motor + Culata modificada.	1200 €/u
Estructura soporte y orientadora	500 €/u
Utillaje	50 €/u
Embalaje	80 €/u
Total costes variables	2130 €/u

Cada coste fijo se divide por el nº de unidades producidas mensuales para obtener el aumento de precio que provoca el cubrir esos costes.

Aumento de costes	
Infraestructura	+ 8,333 €u
Sueldos	+31,333 €u
Costes variados	+3,750 €u
Coste de producción	2130,000 €u
Σ	2173,416 €u

Precio de Venta al Público

Σ	2173,416 €u
+6% Imprevistos	2303,820 €u
+25% Beneficios	2879,776 €u
P.V.P. +16% I.V.A.	3340,540 €u

Se podría dar el caso que se quisiera hacer una inversión mayor y hacer la fabricación de los componentes de forma autónoma. En este caso los costes por unidad serían menores pero habría que hacer una inversión inicial más elevada. Sería cuestión de considerarlo dependiendo del tipo de financiación y de las inversiones que pudiéramos obtener.

Plan Vivienda Unifamiliar autosuficiente

- Para satisfacer las demandas energéticas de una casa unifamiliar de baja electrificación 3 generadores, baterías y Unidad de Posicionamiento Solar PVP 12.021,62 €
- Con este desembolso podemos asegurar una alimentación satisfactoria a lo largo de todo el año, salvo situaciones prolongadas de cobertura solar.

Plan ahorro eléctrico de comunidades de vecinos

- Es un PACK para ahorrar en el precio de la luz que paga la comunidad como el consumo del ascensor y luz de espacios comunes.
- 2 generadores + Unidad Posicionamiento Solar + baterías PVP = 8.681,08 €
- Beneficio, despreocuparse de la factura de luz de zonas comunes durante muchos años.



Fotografía 1.1. Instalación Solar Termovoltáica en Comunidad de Propietarios

Plan Central Eléctrica en casa

- Ideal para todo cliente que tenga algo de dinero y quiera invertirlo en algo seguro.
- 10 generadores + Unidad de Posicionamiento Solar. PVP = 34.405,4 €
- Vende la electricidad, en Andalucía 4.336,02 €
- Beneficio del 12,6% anual. INVERSION SEGURA Y ESTABLE MIENTRAS EL SOL BRILLE.

Plan de aprovechamiento del espacio urbano para ayuntamientos

- Es un generador montado sobre el fuste de una farola tradicional, añadiría un coste adicional de 2500 € aproximadamente. Al precio por generador.
- Precio, según pedidos.
- El ayuntamiento podría abastecer de electricidad a gran parte de vecinos, colocando estos generadores en grandes avenidas, paseos marítimos, etc.



Fotografía 1.2. Instalación Solar Termovoltáica en espacio urbano

Promotores del Proyecto:

Francisco Javier Santos Castilla

Antonio J. Martínez Fernández (Instituto de Investigaciones Ecológicas)