

Rentabilidad de seguidores solares: cálculo del gasto crítico de mantenimiento

JESÚS MARTÍNEZ LINARES. DEPARTAMENTO DE FÍSICA APLICADA II. UNIVERSIDAD DE SEVILLA.

Los motores de seguimiento solar se están ofreciendo en el mercado como un dispositivo de aumento de productividad de generación eléctrica fotovoltaica especialmente adecuado a las latitudes del sur de España, caracterizadas por una alta relación de radiación directa en comparación con la radiación difusa. No obstante, los seguidores solares elevan considerablemente el gasto de mantenimiento de las plantas fotovoltaicas.

En el presente artículo mostramos como calcular el gasto crítico de mantenimiento G_c , por encima del cual se desaconseja la inversión.

La conversión fotovoltaica de energía solar en energía eléctrica es la única forma que conoce el hombre de generar electricidad de forma estática. Esta es la clave de su estabilidad y de su bajo coste de mantenimiento. Existen módulos solares en satélites desde hace más de 20 años todavía en funcionamiento. No obstante, podemos incrementar su rendimiento usando motores de seguimiento solar (seguidores). Estos son dispositivos que permiten que los módulos vayan siguiendo el movimiento del sol en todo momento para "darles la cara", es decir, para maximizar el área efectiva de captación solar. Al recibir más radiación por metro cuadrado, los seguidores aumentan la energía recibida sobre los módulos y por tanto la producción eléctrica de los mismos.

El seguidor solar puede tener un eje o dos ejes de giro, los cuales permiten seguir el movimiento del sol tanto horizontalmente como verticalmente. La instalación de los módulos fotovoltaicos sobre seguidores solares de un eje aumenta la inversión en más de un 20%, y el rendimiento en torno a un 33%. De hecho, 33% es la media nacional para seguidores de un eje, según la empresa FEINA, una de las pioneras en motores de seguimiento solar en España. Los seguidores de dos ejes aumentan aún más el rendimiento, aunque no lo duplican con respecto a los de un eje. Por ejemplo,

Tudela Solar ofrece para sus seguidores de dos ejes un valor de un incremento de hasta un 36% con respecto a instalaciones fijas, según declara su propia página web. Destacamos este dato pues el parque de Tudela en la provincia de Navarra es el primer parque fotovoltaico de España con seguidores. Esta es de hecho la mayor planta fotovoltaica de España conectada: 1,2 MWp sobre 400 seguidores de un eje. Ahora bien, para realizar un cálculo realista de rentabilidad de los seguidores es fundamental conocer el valor del mantenimiento anual de los seguidores. En contraste con las estructuras fijas, los seguidores están en continuo movimiento: son piezas móviles y por tanto susceptibles de una mayor frecuencia de averías. Existirá un valor crítico del coste de mantenimiento, por encima del cual la instalación de seguidores ya no es rentable. El objeto del presente artículo consiste en el cálculo de este valor, con el fin de disponer una herramienta analítica que permita aconsejar o no a esta inversión. Para ello definamos las siguientes cantidades:

C = coste total planta sin seguidores.
 i = incremento rendimiento $\in (0,1)$.
 γ = incremento coste con seguidores $\in (0,1)$.
 ε = proporción de la planta con seguidores $\in (0,1)$.
 M = facturación anual producción.
 G = gasto anual mantenimiento con $\varepsilon=1$ seguidores.

Por concreción, usaremos valores típicos facilitados por ASIF para una planta tipo de 100 kWp en la provincia de Cádiz, donde las

condiciones son óptimas. Dado que el seguimiento solar sólo afecta a la radiación directa y no a la difusa, la rentabilidad del seguidor es mayor en zonas de España de latitudes más bajas, que gozan de mayor proporción de la primera. Es decir, los seguidores deben ser más rentables en Andalucía que en el norte de España. Por tanto, podemos asumir un 35-40% de aumento de rendimiento para la zona de Cádiz, por sus condiciones climáticas y limpieza de atmósfera.

Caso I. Para una planta sin seguidores ($\varepsilon=0$)

Mediremos el rendimiento calculando el tiempo de retorno de la inversión, es decir el cociente entre coste y producción neta. Cuanto más rentable es el producto, menor es su tiempo de retorno. Para un caso típico sin seguidores CASO I tenemos:

$$\tau = \frac{C}{M} = \frac{600.000 \text{ €}}{60.000 \text{ € / año}} = 10 \text{ años}$$

Caso II. Planta con una proporción ε de seguidores sin coste de mant.

En este caso, tanto coste como producción aumentan en la proporción

$$\tau_\varepsilon = \frac{C + \varepsilon \Delta C}{M + \varepsilon \Delta M} = \frac{C + \varepsilon \gamma C}{M + \varepsilon M} = f \tau,$$

donde hemos definido el factor f como

$$f = \frac{1 + \gamma \varepsilon}{1 + \varepsilon}$$

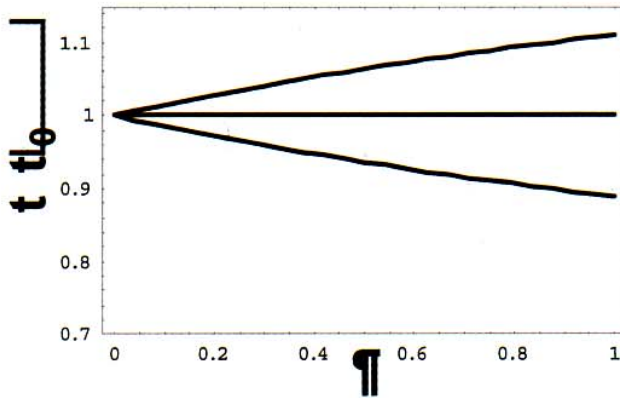


Gráfico 1. Tiempo normalizado de retorno de la inversión t/τ_0 en función de la proporción E de seguidores. Las tres curvas representadas corresponden a los valores $\gamma=0,5$, $i = 0,35$, $f>1$ (curva superior), $\gamma=i=0,35$, $f=1$ (curva central) e $\gamma=0,2$, $i=0,35$, $f<1$ (curva inferior).

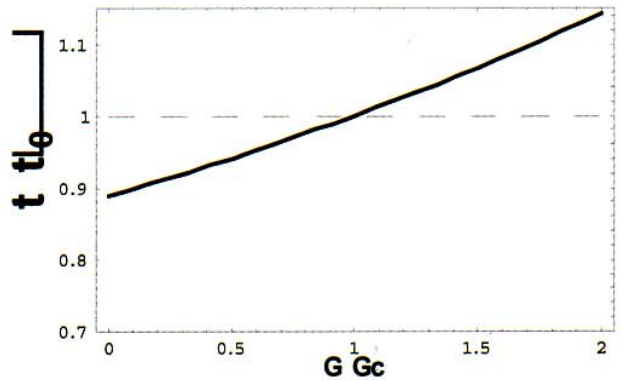


Gráfico 2: Tiempo normalizado de retorno de la inversión t/τ_0 en función del gasto de mantenimiento normalizado al gasto crítico dado en la ecuación 8. En esta gráfica se han adoptado los valores típicos $E=1$, $\gamma=0,2$, $i=0,35$.

La fórmula dada en la ecuación 2 es fácilmente comprensible. Si Y , entonces F , T y la instalación de seguidores será desaconsejable. Hemos representado en el gráfico 1 la función de la ecuación 2, es decir, el período de retorno de la inversión t en función de la proporción de seguidores instalada E .

En esta gráfica la curva superior-central-inferior, representan el valor del tiempo de retorno de la inversión cuando el coste del seguidor i excede- iguala o es menor al rendimiento γ del seguidor, respectivamente. La curva inferior representa un valor típico, es decir,

$$\left(\begin{matrix} \gamma = 0.2 \\ i = 0.35 \end{matrix} \right) \Rightarrow f = \frac{1.2}{1.35} = 0.88$$

Si no existieran costes de mantenimiento, la inversión en seguidores sería siempre aconsejable, dado que se cumpla $i>\gamma$. Un valor de $f=0,88$ reduce en un año el período de retorno. Veremos que éste no es el caso cuando tenemos en cuenta los gastos anuales de mantenimiento.

Caso III. Planta con una proporción E de seguidores con un coste anual G de mantenimiento

En este caso, debemos descontar de la producción los gastos de mantenimiento:

$$\tau_{\epsilon,G} = \frac{C + \epsilon \Delta C}{M + \epsilon \Delta M - \epsilon G} = \frac{C + \epsilon \gamma C}{M + i \epsilon M - \epsilon G}$$

Definamos la variable auxiliar

$$\xi \equiv i - \frac{G}{M}$$

Insertando las ecuaciones de las ecuaciones 1 y 6 en la 5, obtenemos

$$\tau_{\epsilon,G} = \tau_0 \frac{1 + \epsilon \gamma}{1 + \epsilon \xi}$$

donde $\tau_0 = \frac{C}{M}$ es el tiempo de retorno sin seguidores dado en la ecuación 1. La ecuación 7 es la que rige la rentabilidad de este tipo de instalaciones. Comparándola con la 2, vemos que el efecto de los gastos de mantenimiento es el de cambiar el rendimiento i de los seguidores a un rendimiento efectivo ξ , dado en la ecuación 6. La condición de rentabilidad $i>\gamma$, se traduce en este caso a $\xi>\gamma$ o equivalentemente, $G<G_c$, donde hemos definido el valor del gasto crítico G_c como

$$G_c = M(i - \gamma)$$

Esta ecuación, que cuantifica el gasto crítico anual a partir del cual ya no son rentables los seguidores es el principal resultado de este artículo.

Para ilustrar el resultado, representemos en el gráfico 2 el valor del tiempo de retorno normalizado en función al gasto de mantenimiento normalizado calculado a partir de la ecuación 7.

Como podemos apreciar en el gráfico 2, la inversión en seguidores sólo resulta rentable ($\tau<\tau_0$) para gastos de mantenimiento inferior al crítico ($G<G_c$).

Un valor típico para seguidores de paneles de silicio es $(i-\gamma)=0,15$. Por consiguiente, el valor del gasto crítico es un 15% de la producción de la planta. Plantas convencionales de 100 kW de silicio monocristalino obtienen

en Cádiz una producción neta anual del orden de $M=60.000$ euros y un valor, por tanto, del gasto crítico de $G_c=9.000$ euros. Este estudio es totalmente pertinente pues, de hecho, existen empresas instaladoras en el mercado que ofrecen seguidores a un 20% del coste de la instalación ($\gamma=0,2$), con un contrato de mantenimiento anual de $G=10.000$ euros para plantas de 100 kWp. Este es un valor superior al crítico, que hace, según el presente estudio, desaconsejar la inversión de seguidores en estas condiciones, a menos que se reduzcan los gastos de mantenimiento por debajo de G_c .

Conclusión

Existe un amplio campo para la investigación y desarrollo de sistemas que permitan minimizar el gasto de mantenimiento de seguidores. Dada la novedad de estos sistemas de seguimiento, y del sector en general, es difícil disponer de un registro histórico que permita hacer estadísticas fiables de sus necesidades de mantenimiento a largo plazo, lo que hace que los contratos de mantenimiento suelen negociarse al alza. En este contexto es particularmente importante para el promotor fotovoltaico poder valorar el impacto de los gastos de mantenimiento de su inversión.

En el presente artículo, hemos calculado el gasto crítico G_c de mantenimiento por encima del cual la inversión en motores de seguimiento solar es desaconsejable. Este procedimiento ofrece una herramienta cuantitativa de toma de decisiones al promotor fotovoltaico que le permita aconsejar o no su instalación.