

Estudio estadístico de la rentabilidad económica de una instalación solar térmica

Aplicación en un hospital de Castilla y León

Luis Javier Mata García
Ingeniero Industrial

El objetivo de este artículo es mostrar de una manera gráfica la rentabilidad de una instalación solar térmica. Para ello, a partir de los datos proporcionados por un hospital de Castilla y León se obtendrán unas estimaciones de los ahorros de A.C.S. que se consiguen con una instalación de colectores solares térmicos. Para el siguiente estudio se han estimado los ahorros de combustible para años venideros, en función de los ahorros en 2004 y años anteriores. Estas técnicas estadísticas han sido, en primer lugar, un cálculo mediante medias geométricas y, en segundo lugar, un análisis de regresión basado en modelos logarítmicos.

PRODUCCIONES ANUALES ESTIMADAS

En este epígrafe se va a mostrar el cálculo de las producciones mensuales que se han estimado para la presente instalación solar térmica. Se tiene en cuenta tanto la irradiancia solar sobre la superficie de los paneles, así como la temperatura exterior en la ubicación de la instalación.

Se ha realizado el cálculo del campo térmico con los paneles adecuados para este tipo de edificación dada su importancia y calidad de la instalación, siendo su número aquel que nos proporcione una cobertura solar cercana al 60%.

Para calcular el ahorro de esta instalación, según los datos proporcionados por el hospital en concreto, se ha realizado un estudio estadístico, partiendo

de los últimos seis años, de lo que se ahorraría mes a mes con esta instalación. Los datos que figuran en la tabla 1 son los consumos de los últimos seis años, en calefacción y ACS. Estos valores son representados en el gráfico 1.

Con estos datos se han hallado el ahorro solar mes a mes, proporcionando una cobertura solar cercana al 60%, con un rendimiento de las calderas de 85% y pérdidas en la instalación de un 10% máximo.

Los ahorros en Agua Caliente Sanitaria para todo el año, se ha estimado a partir de los meses en que hay solo consu-

mo de ACS, junio, julio y septiembre que se han tomado como patrón.

De la misma manera, se han estimado los ahorros para el año 2004 realizando los cálculos con los mismos meses patrón que antes.

En el gráfico 2 se observa una comparativa de los ahorros estimados con datos reales para el 2003 y los predichos para el 2004.

Luego, siguiendo esta estimación, se ahorrarían veinte años de vida útil de los paneles (haciendo media de los años 2003 y 2004) unos 139000 euros, unos

TABLA 1. Consumos del gas por año (euros)

1998	1999	2000	2001	2002	2003
33016,3902	35052,6746	23663,7396	26271,7875	31037,56	28425,7
30030,7429	37102,9871	45546,6703	52140,2873	45325,4	41170,74
26969,5156	28537,4324	16079,625	44605,205	37237,57	38283,11
26181,368	22920,6756	36934,0245	39696,1594	32385,94	26809,26
22378,5371	19978,4589	26520,7717	38831,4341	21457,34	28707,82
13223,843	12142,7275	16005,8781	21555,6978	17314,24	18239,84
8472,49068	7941,26698	10878,2606	16246,6522	12077,75	15557,49
7766,02356	7202,52434	9687,04772	14375,9406	12124,76	12836,42
7282,05313	7894,9393	10496,2556	14897,4757	10459,06	11950,930
13224,1135	12723,9512	19596,6823	19903,5942	17922,77	19141,0155
21113,9019	22490,4796	40519,8401	33359,7788	35318	36399,2063
30798,4674	55349,8257	44074,0233	73861,2393	68244	62059,7542

Consumos energéticos

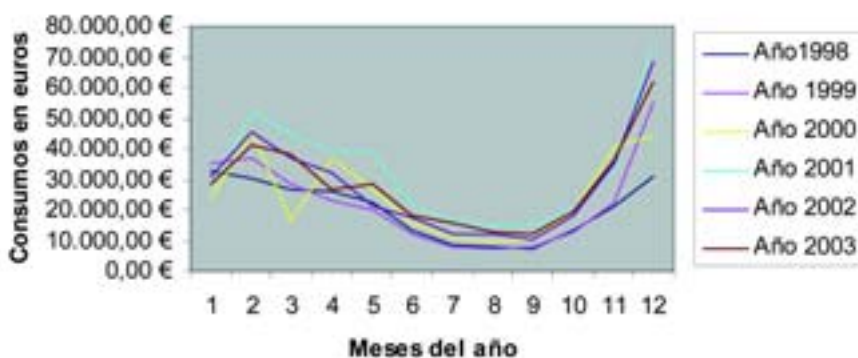


Gráfico 1

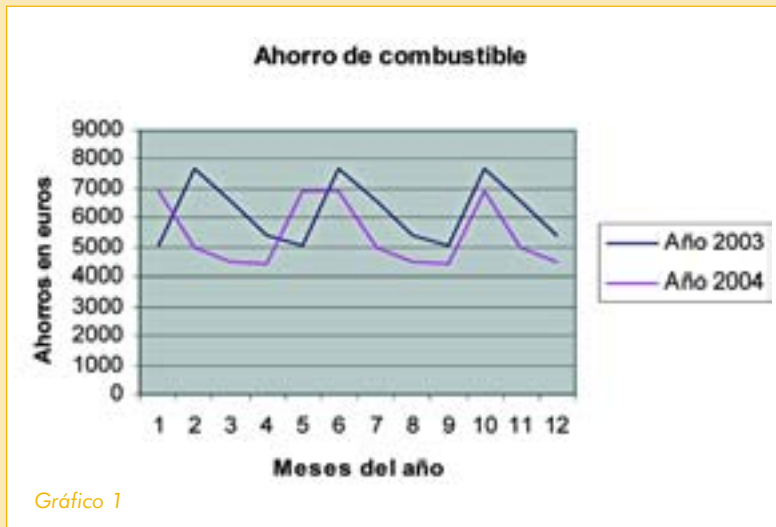


Gráfico 1

23 millones de las antiguas pesetas.

Para ser más riguroso se ha calculado que estos datos se modificarán con unos coeficientes en función de las necesidades energéticas de ACS que necesita un hospital de unas 1000 personas a unos 60 litros/día persona. (tabla 2).

TABLA 2

Meses	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Ener. Nec. [Kcal·1000]:	52.080	45.427	48.509	45.216	44.938	41.760	41.366	43.152	43.488	46.723	46.944	50.294
Coeficientes	1,259	1,0982	1,1727	1,0931	1,0863	1,0095	1,00	1,0432	1,0513	1,12	1,1348	1,2158

TABLA 3

Meses	Año 2003	Año 2004
Enero	8247,11365	6288,28225
Febrero	7193,61139	5485,0049
Marzo	7681,59729	7681,59729
Abril	7160,16688	5459,50403
Mayo	7116,08092	5425,88925
Junio	6612,89298	5042,2171
Julio	6545,81392	4991,07047
Agosto	6833,32274	5210,29101
Septiembre	6886,52993	5250,86057
Octubre	7398,83911	5641,4875
Noviembre	7433,80383	5668,1475
Diciembre	7964,35547	6072,684
Suma	87074,1281	68217,0359

Estos coeficientes se utilizarán para hallar los ahorros de ACS en función del ahorro del mes de julio.

En la tabla 3 se muestran los valores para el año 2003 y 2004. Estos valores se han hallado a partir del ahorro de julio multiplicado por el coeficiente correspondiente.

Los datos estimados para los ahorros han sido representados en el gráfico 3.

Siguiendo esta estimación, más rigurosa que antes, se ahorrarían en veinte años de vida útil de los paneles (haciendo media de los años 2003 y 2004) unos 155000 euros (26 millones de las antiguas pesetas.)

PRODUCCIÓN ANUAL ESTIMADA MEDIANTE TÉCNICAS DE REGRESIÓN

En este punto se va a mostrar el cálculo de las producciones mensuales que se han estimado para los próximos años basándonos en técnicas de regresión para ser más exactos en los cálculos.

Primero se realiza el ajuste de regresión para la variable consumo del año 2003. Para hacer este estudio se tienen en cuenta los consumos de los años anteriores, pero una vez introducidas en el programa "Statgraphics" se obtiene que dependen significativamente únicamente de variables de consumo del año 2002 y año 2001.

$$\text{Año}_{2003} = 0,5582 \cdot \text{Año}_{2002} - 0,3559 \cdot \text{Año}_{2001}$$

Se supondrá que el modelo para el 2004 seguirá un comportamiento similar al del 2003, es decir, dependerá de una manera ponderada de los consumos de los años anteriores y más o menos en una proporción similar al análisis anterior.

$$\text{Año}_{2004} = 0,5582 \cdot \text{Año}_{2003} - 0,3559 \cdot \text{Año}_{2002}$$

A partir de los datos de consumo estimados para el 2004 se puede realizar otra regresión para el año 2005,

$$\text{Año}_{2005} = 0,3372 \cdot \text{Año}_{2004} + 0,6351 \cdot \text{Año}_{2003}$$



Gráfico 3

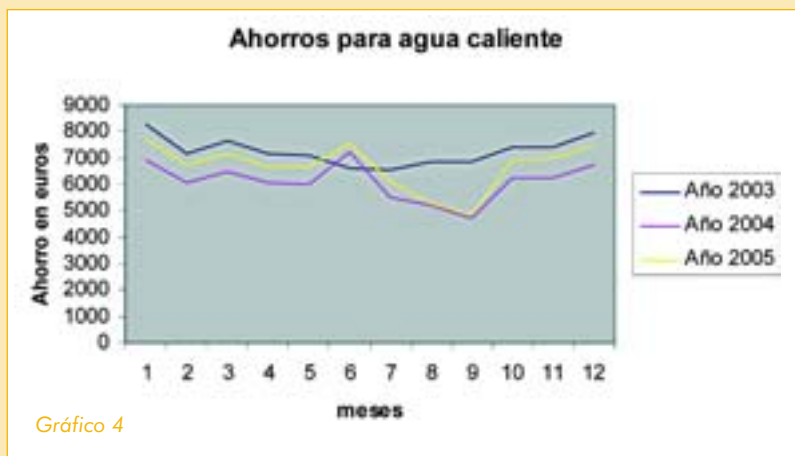


Gráfico 4

utilizando los años anteriores como variables independientes.

Según el programa Statgraphics y con una significación del modelo del 99% el resultado es:

TABLA 4				
Parámetro	Estimación	Error estándar	T-student	P-valor
LOG(Año_2002)	-0,504901	0,159758	3,16042	0,0091
LOG(Año_2001)	0,490161	0,157185	3,11838	0,0098

Los datos de los ahorros del 2003 con los coeficientes de producción del apartado anterior junto a los datos del 2004 y 2005 han sido representados en el gráfico 4.

Para estimar el ahorro para los veinte años de vida útil de la instalación se hará una media del ahorro en 2003, 2004 y 2005, con lo que se obtiene un ahorro de 1580000 euros, unos 262 millones de pesetas (salvo gastos de mantenimiento).

Análisis de la regresión logarítmica

En este apartado se realiza el ajuste logarítmico para la variable consumos del 2003 junto a las siguientes variables de los años anteriores:(tabla 4)

Se realiza una selección por el método "Forward Selection" y se obtiene un análisis con la variable dependiente: Año_2003. La siguiente tabla muestra las variables independientes y sus estimaciones.

Para proceder al ahorro del 2004 se simulará los ahorros suponiendo que habrá un comportamiento en cuestión de consumos modelizado de manera similar al año anterior.

La siguiente tabla contiene los datos de los ahorros de la instalación de energía solar basados en los coeficientes anteriores pero ahora para el 2004 (en vez del 2003), en función del 2003(en vez de 2002) y del 2002(en vez del 2001), es decir:

TABLA 5

Meses	Consumos 2005	Ahorro 2005
Enero	28754,2403	7709,82674
Febrero	41712,9742	6724,95855
Marzo	37687,7635	7181,15291
Abril	27766,066	6693,6929
Mayo	26587,446	6652,47908
Junio	17866,1325	7517,17526
Julio	14543,9432	6119,3641
Agosto	12562,7792	5285,78933
Septiembre	11490,9989	4834,83778
Octubre	18688,4437	6916,81599
Noviembre	35814,1962	6949,50282
Diciembre	62837,7525	7445,48983
Suma Total	336124,381	80031,0853

$$\text{LOG}(\text{Año}_{2004}) = -0,5049 \cdot \text{LOG}(\text{Año}_{2003}) + 0,4901 \cdot \text{LOG}(\text{Año}_{2002})$$

Para realizar un estudio para el año 2005 se procederá de la misma forma, es decir, hallando una ecuación que simule al año 2005 en función de los años anteriores.

La siguiente tabla contiene los datos de los ahorros de la instalación de paneles solares basados en los coeficiente anteriores pero ahora para el 2005 (en vez del 2004), en función del 2004(en vez de 2003) y del 2003(en vez del 2002), es decir, la ecuación en este caso será:

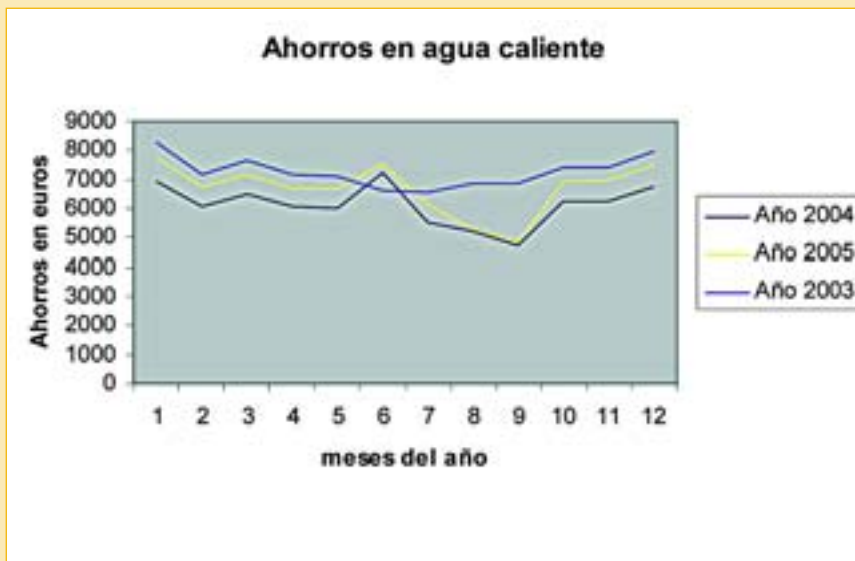
$$\text{LOG}(\text{Año}_2005) = 0,4749 \cdot \text{LOG}(\text{Año}_2004) + 0,5266 \cdot \text{LOG}(\text{Año}_2003)$$

Los datos de los consumos y ahorros solares serán los que figuran en la tabla número 5.

Estos modelos logarítmicos, junto al estudio para el 2003 han sido representados en el gráfico número 5.

Para tener una posible estimación de los ahorros en 20 años, se hará una media de los ahorros con estas regresiones para 2003, 2004 y 2005.

Los resultados que se obtienen son los siguientes: el ahorro medio que se obtiene en tres años sería de 75700 euros; y el ahorro en 20 años sería de 1510000 euros (unos 252 millones de pesetas), salvo gastos de mantenimiento.



CONCLUSIONES

Como conclusión a todos estos cálculos se puede decir que los ahorros para el año 2003 varían desde 87000 euros a 71000 euros, es decir unos 78000 euros de media, que es lo que predice el modelo de regresión logarítmica.

Para el 2004, los valores van desde 68000 euros hasta 73000, siendo un valor medio 71000 euros que corresponde al modelo de regresión lineal.

Para el 2005, los valores varían entre 80000 euros con método logarítmico y 77000 euros con el modelo lineal.

En 20 años de vida útil de la instalación, se puede producir un ahorro de entre 262 y 246 millones de pesetas, una estimación media serían los 252 o 255 millones de pesetas de los métodos de regresión.

Con estos cálculos se ha demostrado claramente lo interesante que es desde el punto de vista de ahorro energético de agua caliente sanitaria una instalación de paneles solares, sin analizar en ningún instante, la subida del precio de los combustibles. ■