

ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO DE FACTIBILIDAD DE EMPLEO MASIVO DE TERMOTANQUES SOLARES DOMÉSTICOS¹

A.Cortés (*), A.Jozami (#) y F.Lucci (*)

(*) Grupo de Energía Solar. Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura. U.N.Rosario - Instituto de Física Rosario

(#) Cátedra Economía Política. Facultad de Derecho. U.N.Rosario.

Av.Pellegrini 250 - (2000) Rosario - FAX: (041) 802654 -E.mail: cortes@fceia.unr.edu.ar

RESUMEN

Se presentan cálculos de requerimientos de energía auxiliar para termotanques solares de uso doméstico de fabricación nacional para diferentes lugares del país. Se evalúa la conveniencia económica a largo plazo de este tipo de instalaciones frente a alternativas de gas natural y envasado, ya sea para el caso de adquirirlas mediante crédito, o para el poseedor del capital, frente otras opciones de inversión.

INTRODUCCIÓN

Tras varias décadas de investigación y desarrollo en energía solar, aunque se dispone de un interesante "background" de tecnología, sin embargo la diseminación de sus aplicaciones está muy lejos del nivel alcanzado por la investigación.

En países como Israel, Taiwan y Grecia, la utilización de dispositivos solares alcanzó una difusión masiva en la población. En los primeros dos casos, debido a activas políticas gubernamentales de estímulo al uso de este tipo de energía (Huang, 1993), no solo por su abundancia en la zona, sino por razones geopolíticas. En Grecia en cambio, la importante labor concientizadora de las cuestiones ambientales y de las ventajas del uso de este tipo de energías por parte de entidades no gubernamentales fueron las principales responsables del cambio (Ruiz Hernández, 1994).

Es indudable que, además de las cuestiones de conciencia social ambiental, los factores económicos juegan un rol determinante en el éxito o no de la propagación masiva de estos sistemas. En el caso de los sistemas solares para calentamiento de agua, su nivel actual de desarrollo permite considerarlos económicamente competitivos en muchas situaciones. Es de interés para posibilitar la difusión masiva del empleo de este tipo de sistemas, delimitar dichas condiciones, teniendo en cuenta la rentabilidad a largo plazo (y no sólo los mayores costos de instalación), y las posibles alternativas en materia crediticia y/o de exenciones impositivas que podrían permitir fomentar el uso de estos sistemas.

METODOLOGIA

Se enviaron encuestas a los fabricantes nacionales de termotanques solares para relevar precios actuales de mercado, incidencia de impuestos nacionales, provinciales y municipales y posibilidades de reducción de costos por economía de escala para una producción masiva. A la fecha de realización del presente trabajo, un solo productor había respondido la encuesta, por lo cual se utilizaron dichos datos.

Se utilizó el método f-chart (Duffie et al, 1980), los datos de temperaturas ambientales y radiación solar incidente en el plano horizontal (CNIE, 1980-1982; Acción Estratégica..., 1994 y SMN, 1986) para calcular, en base a las curvas de rendimiento de colectores dadas por los fabricantes, los factores de ahorro solar mensuales para seis localidades del país: Rosario (Santa Fe), Cerrillos (Salta), Rama Caída (Mendoza), Famaillá (Tucumán), Rama Caída (Mendoza), Alto Valle (Río Negro) y Ushuaia (T. del Fuego). Los cálculos se hicieron para termotanques solares de 160; 240; 320 y 500 litros, con las áreas de colección recomendadas por el fabricante en cada caso y un consumo diario de 100, 200, 300 y 500 litros respectivamente.

Se calculó el consumo de energía auxiliar suponiendo el empleo de calefón de 12 litros/minuto con rendimiento del 80 %, y se comparó esta situación con el uso de un Termotanque a gas (de 75 litros como alternativa a los 2 equipos solares menores y de 150 litros para los dos mayores. Para esta selección se tuvo en cuenta que el período de recuperación de los equipos a gas es de sólo 1 hora). Se calculó el ahorro para el caso de empleo de gas natural y para gas envasado, estimándose en 0,18 \$/m³ y en 1 \$/kg, los respectivos costos (0,04 \$/m³ el primero para la Patagonia), y en 9120 kcal/m³ y 21500 kcal/kg, los correspondientes poderes caloríficos.

Para evaluar el consumo de los termotanques a gas, se calculó la energía necesaria para el calentamiento de las cantidades de agua requeridas, más las pérdidas hacia el ambiente. El rendimiento se consideró de 0,74.

Dado que el termotanque solar se puede considerar parte del equipamiento de la vivienda se supuso adquisición mediante créditos del Banco Hipotecario Nacional a plazos de 10, 15 y 20 años, según se estime el plazo de amortización (vida útil)

¹ Trabajo parcialmente financiado por la Secretaría de Ciencia y Técnica de la U.N.Rosario.

del equipo y se calculó la diferencia de inversión (termotanque solar + calefón - termotanque a gas). Se calculó el sobrecosto (o ahorro según el caso) mensual originado en la toma del crédito + energía auxiliar, respecto al gasto alternativo en combustible, para el período de amortización del crédito y para el subsiguiente. Para considerar la situación del potencial usuario con disponibilidad de capital propio para adquirir el sistema solar se calculó el pluscosto o ahorro mensual reemplazando en este caso la cuota del crédito por la amortización de la inversión extra en el equipo y computando la rentabilidad que significaría ese monto depositado en plazo fijo y en caja de ahorro como alternativas de inversión. Se utilizaron los precios de sistemas solares que se obtendrían suponiendo plena ocupación de la capacidad productiva actual. Los precios reales se encuentran aproximadamente un 12 % por encima. Se consideró además la inclusión o no de la carga total impositiva dentro de los mismos.

Se emplearon costos de \$ 192 para el calefón y \$ 333 y \$ 419 para los termotanques de gas de 75 y 150 litros, valores todos de mercado en la ciudad de Rosario (mayo de 1998) para productos de buena calidad. La Tabla 1 muestra las diferencias de inversión.

Tabla 1: Costos de inversión de termotanques solares con calefón a gas en serie como fuente de energía auxiliar.

Costo equipo solar s/impuestos:	160 litros+1	240 litros+2	310 litros+2	500 litros+3
	colector	colectores	colectores	colectores
termotanque solar	280,00	376,00	499,00	680,00
colector de 2,5 m2:	562,50	1125,00	1125,00	1687,50
calefón complementario	192,00	192,00	192,00	192,00
A) Total solar s/imp.	1034,50	1693,00	1816,00	2559,50
Termotanque a gas	333,00	333,00	419,00	419,00
B) Total alternativo	333,00	333,00	419,00	419,00
C = A - B: Diferencia inversión inicial s/imp.	701,50	1360,00	1397,00	2140,50
D) Impuestos Termotanque solar	64,60	86,46	114,59	155,86
E) Impuestos Colectores solares	129,01	258,02	258,02	387,03
F = C + D + E: Diferencia inversión inic. c/imp.	895,11	1704,48	1769,61	2683,39

RESULTADOS

La Tabla 2 muestra los valores obtenidos para el consumo anual del calefón convencional a gas (natural y envasado), empleado como fuente de energía auxiliar para los diversos tamaños de termotanques solares en cada una de las ubicaciones geográficas. En la tabla 3 se dan los consumos anuales de termotanques a gas. Se han agrupado las localidades en tres grupos, según similitud de temperaturas ambientales, empleándose la media anual de cada grupo como valor de cálculo para la temperatura ambiental y de la red, dado que se verificó que las variaciones dentro de cada grupo en los consumos obtenidos eran despreciables.

Tabla 2: Consumo anual de calefón complementario de termotanque solar

Ubicación	Capacidad Term.sol.y (cons. mensual)(lts.)				Capacidad Term.sol.y (cons. mensual)(lts.)			
	160(100)	240(200)	320(300)	500(500)	160(100)	240(200)	320(300)	500(500)
	Gas Natural (m ³)				Gas Envasado (kg)			
Rosario	16,34	51,39	94,84	180,54	6,93	21,80	40,23	76,58
Famaillá	30,19	85,29	148,31	270,95	12,81	36,18	62,91	114,93
Cerrillo	23,37	69,72	124,12	230,38	9,92	29,57	52,65	97,72
Rama caída	13,06	54,12	82,12	157,25	5,54	22,95	34,84	66,71
Alto Valle	18,69	56,55	101,87	191,11	7,93	23,99	43,21	81,07
Ushuaia	51,68	135,21	224,20	395,87	21,92	57,36	95,10	167,92

Tabla 3: Consumo anual de gas para termotanques

Cantidad de agua a calentar (lts./día)	V. Tanque [lts.]	Rosario -Cerrillo-Famailla (Ta=Tred=17 C)		Alto Valle - Rama Calda (Ta=Tred=14,3 C)		Ushuaia (Ta=Tred=5,6 C)	
		Gas Natural	Gas Envas.	Gas Natural	Gas Envas.	Gas Natural	Gas Envas.
		[m ³]	[kg]	[m ³]	[kg]	[m ³]	[kg]
100	75	389,69	165,30	427,40	181,30	548,62	232,72
200	75	541,12	229,54	593,49	251,75	761,82	323,15
300	150	877,63	372,28	962,57	408,31	1235,58	524,12
400	150	1029,07	436,52	1128,67	478,76	1448,78	614,55

	Gas Natural			Gas Envasado		
	Cr.10 añ.	Cr.15 añ.	Cr..20 añ	Cr.10 añ.	Cr.15 añ.	Cr..20 añ.
	[\$/mes]	[\$/mes]	[\$/mes]	[\$/mes]	[\$/mes]	[\$/mes]
Term.sol. de 160 lit y calefón	5,92	4,08	3,29	-1,67	-3,51	-4,31
1 col. 2,5 m ² - cons.100 l/día	-5,60	-5,60	-5,60	-13,20	-13,20	-13,20
Term.sol.de 240 lit y calefón	14,99	11,43	9,88	5,03	1,46	-0,08
2 col. 2,5 m ² - cons.200 l/día	-7,35	-7,35	-7,35	-17,31	-17,31	-17,31
Term.sol.de 320 lit y calefón	11,21	7,54	5,96	-4,72	-8,39	-9,97
2 col. 2,5 m ² - cons.300 l/día	-11,74	-11,74	-11,74	-27,67	-27,67	-27,67
Term.sol.de 500 lit y calefón	22,43	16,82	14,39	5,17	-0,44	-2,88
3 col. 2,5 m ² - cons.500 l/día	-12,73	-12,73	-12,73	-29,99	-29,99	-29,99

Tabla 4: Comparación rendimientos de Termotanque solar sin impuestos, respecto a Termotanque a Gas. Créditos Bco. Hipotecario. Rosario. El segundo renglón de cada caso indica, con signo cambiado, rentabilidad mensual del equipo solar una vez amortizado el crédito. El sombreado indica los casos en que la alternativa solar resulta más onerosa que la convencional.

	Gas Natural			Gas Envasado		
	Cr.10 añ.	Cr.15 añ.	Cr..20 añ	Cr.10 añ.	Cr.15 añ.	Cr..20 añ.
	[\$/mes]	[\$/mes]	[\$/mes]	[\$/mes]	[\$/mes]	[\$/mes]
Term.sol. de 160 lit y calefón	9,10	6,76	5,74	1,51	-0,84	-1,86
1 col. 2,5 m ² - cons.100 l/día	-5,60	-5,60	-5,60	-13,20	-13,20	-13,20
Term.sol.de 240 lit y calefón	20,65	16,18	14,25	10,69	6,22	4,28
2 col. 2,5 m ² - cons.200 l/día	-7,35	-7,35	-7,35	-17,31	-17,31	-17,31
Term.sol.de 320 lit y calefón	17,33	12,69	10,68	1,40	-3,24	-5,25
2 col. 2,5 m ² - cons.300 l/día	-11,74	-11,74	-11,74	-27,67	-27,67	-27,67
Term.sol.de 500 lit y calefón	31,35	24,32	21,27	14,08	7,05	4,00
3 col. 2,5 m ² - cons.500 l/día	-12,73	-12,73	-12,73	-29,99	-29,99	-29,99

Tabla 5: Idem Tabla 4, incluyendo impuestos.

Tabla 6: Comparación rendimientos comparativos termotanques (solar s/imp.vs. convencional) para diferentes localidades. Crédito 10 años

	Gas Natural (\$/mes)			Gas Envasado (\$/mes)		
	Rosario	Famailá Cerrillos R. Calde A. Valle Ushuaia	Rosario	Famailá Cerrillos R. Calde A. Valle Ushuaia	Rosario	Famailá Cerrillos R. Calde A. Valle Ushuaia
	5,92	6,13	6,03	5,31	10,16	9,87
Term.sol. de 160 lit y calefón	5,92	6,13	6,03	5,31	10,16	9,87
1 col. 2,5 m ² - cons.100 l/día	-5,60	-5,39	-5,49	-6,22	-1,36	-1,66
Term.sol.de 240 lit y calefón	14,99	15,50	15,27	14,25	20,55	20,25
2 col. 2,5 m ² - cons.200 l/día	-7,35	-6,84	-7,07	-8,09	-1,79	-2,09
Term.sol.de 320 lit y calefón	11,21	12,01	11,64	17,77	21,86	21,87
2 col. 2,5 m ² - cons.300 l/día	-11,74	-10,94	-11,30	-5,18	-1,09	-1,08
Term.sol.de 500 lit y calefón	22,43	23,79	23,18	28,62	33,82	33,94
3 col. 2,5 m ² - cons.500 l/día	-12,73	-11,37	-11,98	-6,54	-1,34	-1,22

	Gas Natural (\$/mes)			Gas Envasado (\$/mes)			
	Créd.10	P. Fijo	C. Ah.	Créd.10	P. Fijo	C. Ah.	
Term.sol. de 160 lit y calefón 1 col. 2,5 m ² - cons.100 l/día	9,10	2,51	-1,22	1,51	-5,09	-8,82	Amort.Créd.
	-5,60			-13,20			Post.Am.
Term.sol.de 240 lit y calefón 2 col. 2,5 m ² - cons.200 l/día	20,65	8,09	2,80	10,69	-1,87	-13,00	Amort.Créd.
	-7,35			-17,31			Post.Am.
Term.sol.de 320 lit y calefón 2 col. 2,5 m ² - cons.300 l/día	17,33	4,29	-1,13	1,40	-11,64	-17,06	Amort.Créd.
	-11,74			-27,67			Post.Am.
Term.sol.de 500 lit y calefón 3 col. 2,5 m ² - cons.500 l/día	31,35	11,58	4,39	14,08	-5,69	-12,87	Amort.Créd.
	-12,73			-29,99			Post.Am.

Tabla 7: Comparación de rentabilidad de inversión en termotanque solar c/impuestos para los casos de crédito a 10 años, y alternativas de inversión en Plazo fijo o Caja de ahorro. Rosario.

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

Se puede apreciar que, en las condiciones de precios actuales del gas, la opción solar no resulta competitiva en casi ningún caso frente al gas natural, pero sí lo es, en muchas situaciones frente al gas envasado, al menos para el usuario que recurre al crédito para la compra del termotanque. Esta situación se mantendría, aún en el caso de conseguirse una desgravación impositiva total (es decir, básicamente del IVA, que representa el 92,5% de la carga impositiva total), y suponiendo plena ocupación de la capacidad productiva actual. Naturalmente que estas afirmaciones se refieren al caso en que la vida útil del equipo resulte similar al plazo del crédito, dado que a partir de la amortización del mismo, en todos los casos, la ventaja es netamente a favor del uso de la energía solar. De este modo, si la sobrevida útil del equipo fuera importante, podría incluso revertirse el balance en muchos de los casos en que parece preferible la opción convencional. Por otra parte, y como es lógico, se observa un paulatino corrimiento de los valores hacia la conveniencia de lo solar, a medida que se alarga el plazo del crédito tomado.

Al comparar el rendimiento económico de los equipos en diferentes lugares el país no se observan tendencias sistemáticas que permitan extraer una conclusión general, sino casos particulares afectados por factores tales como el tamaño de los equipos, y características de los convencionales alternativos. Así, por ejemplo, mientras las instalaciones mayores parecen menos convenientes en las localidades de climas más fríos, hasta el punto de invertir el signo del rendimiento comparativo en algunos casos; la misma tendencia es inversa para los equipos menores.

Dada la diferencia entre la tasa bancaria activa y pasiva, la conveniencia tiende a volcarse más hacia la opción solar para el usuario que no necesita recurrir al crédito para adquirir el equipo, sino que dispone de un capital que debe orientar según ésta u otras alternativas de inversión.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la empresa Tecnosolar SRL, por la información proporcionada.

REFERENCIAS

- Huang B J. (1993) Performance Rating Method of Thermosyphon Solar Water Heaters. *Solar Energy*, V. 50, No 5 pp 435 - 440.
- Ruiz Hernandez, V. (1994) Plan Energético de la Región de Andalucía. Conferencia 17ª Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energía Solar (ASADES). Rosario.
- J.A.Duffie & W.A.Beckman (1980) *Solar Engineering of Thermal Processes*. John Wiley and Sons. New York.
- Programa de Fortalecimiento de la Cooperación Global en el Campo de las Energías Renovables (1994) Apuntes del Curso "Acción Estratégica Concertada para la Aplicación Sostenible de Tecnologías Fotovoltaicas y de Bioelectricidad en los Países del Cono Sur".
- CNIE (Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales).(1980-1982) Red Solarimétrica.
- SMN (Servicio Meteorológico Nacional) (1986) Estadísticas Meteorológicas 1971 - 1980. Buenos Aires.