

BASE DE PRUEBAS PARA LA ELABORACIÓN DE UNA NORMA BOLIVIANA PARA SISTEMAS TERMOSOLARES

Nicolas Noël – nicolas@energetica.org.bo
Paul Maldonado – paul_mald@hotmail.com
Miguel Fernandez – miguel@energetica.org.bo
ENERGÉTICA-Energía para el desarrollo

2. Conversión térmica de la energía solar

Resumen. *En Bolivia, el mercado termosolar está creciendo de manera muy rápida. Las empresas termosolares se multiplican y se estiman unas 400 instalaciones por año en toda Bolivia. La gran mayoría es de fabricación local. Pero a pesar de ese crecimiento acelerado, ningún sistema termosolar local dispone de certificación normalizada. El problema parece situarse en los altos requerimientos técnicos y de instrumentación para realizar las distintas mediciones de eficiencia. Entonces surgió la idea de elaborar una norma en función a las posibilidades de mediciones locales. Este artículo presenta el resultado de varios intentos de mediciones de rendimiento de un colector y de un intercambiador. Aún se continúan haciendo pruebas.*

Palabras-clave: *Sistemas termosolares, Certificación, Norma, Rendimiento*

1. INTRODUCCIÓN

En Bolivia, el mercado termosolar está creciendo de manera muy rápida. Las empresas termosolares tienen una característica de micro empresas y se multiplican rápidamente. Se estiman que se realizan unas 400 instalaciones por año en toda Bolivia. La gran mayoría de los sistemas instalados es de fabricación local.

Pero a pesar de ese desarrollo, ningún sistema termosolar local dispone de certificación normalizada de rendimiento y eficiencia. Hace más de 15 años atrás se diseñó una norma para la medición de rendimientos de colectores, sin embargo la misma nunca fue aplicada. La principal razón es porque las exigencias de instrumentación eran altas y el método relativamente complejo, pues el diseño de la norma estuvo basado en la experiencia de laboratorios de universidades europeas y, adicionalmente, no se implementó un laboratorio de mediciones que pudiese realizar la aplicación de la norma. Otra razón estaba en que el volumen de instalaciones demandada por el mercado era mucho menor al actual, las empresas que participaban en el mercado eran pocas y a pesar de existir la necesidad de un control de calidad, los usuarios no generaba una exigencia grande sobre el rendimiento de estos equipos.

En el actual contexto de debate sobre el cambio climático, las energías renovables han sido catapultadas como una parte importante de la solución para el sector energético. Esto hace que a nivel de la sociedad en general se hable cada vez más de estas fuentes de energía limpia y que las personas sean más receptivas a estas tecnologías. Adicionalmente, la experiencia de las micro empresas bolivianas ha permitido que dispongan de una tecnología relativamente segura, aunque necesite mejoras. La competitividad de la energía solar para el calentamiento de agua, frente al uso de la electricidad por ejemplo, es otra razón. Un sistema familiar puede repagarse en alrededor de 4 años con los ahorros en electricidad.

En este contexto, el crecimiento del mercado de sistemas termosolares ha generado un mayor número de actores, una exigencia de calidad en los equipos por parte de los usuarios y, la necesidad de un acuerdo básico en temas técnicos de rendimiento y calidad, que permita una sana competencia entre las diferentes micro empresas, lo cual finalmente impactará sobre el usuario final de manera positiva.

Así surgió la idea de retomar el tema de las normas de medición de rendimiento de sistemas termosolares existente y adaptarla en función de las capacidades de instrumentación que se dispone de manera local. Haciendo que la misma sea utilizable y funcional, quitándole algo de la excesiva rigurosidad científica, pero que no afecte la confiabilidad de las mediciones y de los resultados. De esa manera se conseguirá una norma más simple y que tenga una aplicabilidad más fácil en el contexto nacional.

Las micro empresas han manifestado su aceptación a este concepto y también a la necesidad de disponer de un instrumento común que les permita parametrizar sus productos, así como de acceder a una certificación de calidad que posteriormente la entidad encargada pueda otorgarles.

El Instituto Boliviano de Normas y Calidad (IBNORCA) es también parte de esta iniciativa y ha comprometido su concurso para llevar a buen término este nivel de ensayos.

Hasta ahora se consiguieron métodos de mediciones muy sencillos, que nos permitieron determinar las eficiencias de los distintos componentes de un sistema termosifón doble circuito.

2. PROBLEMAS EN ENSAYOS DE RENDIMIENTO TERMICO CON LA NORMA EXISTENTE

La norma relativa a los sistemas termosolares se aplica estrictamente a los colectores con cubierta y termo-tanque acumulador. Tiene como código NB 676 y esta constituida de tres partes. NB 676.1 Ensayos de rendimiento térmico, NB 676.2 Métodos de ensayo para la durabilidad y fiabilidad de colectores solares – Esquemas e informes de los ensayos, NB 676.3 Requisitos mínimos de instalación de sistemas termosolares. Hasta ahora el trabajo se concentra en la primera parte.

Para poder hacer mediciones de rendimiento de los distintos elementos de un sistema termosolar, la norma pide tener bastantes sensores, 6 de temperatura, 1 anemometro, 1 piranometro, un flujometro. Y también instrumentos como reguladores de temperatura, calentador/refrigerador, bomba de caudal regulables, etc. Todo eso requiere también un datalogger para poder almacenar los datos. Por lo tanto, montar un laboratorio de mediciones resulta una inversión grande que hará elevar el precio de una certificación.

Además, las pruebas requieren un conocimiento alto de los sistemas termosolares, IBNORCA, La Camara de Industria, y otras instituciones no pueden ofrecer un asesoramiento técnico que permita hacer posible la normalización de un equipo. Desde su creación, en Abril de 1996, ningún fabricante pudo hacer normalizar su producto.

Es posible simplificar la norma en puntos precisos, como por ejemplo omitir la medición de viento, tomando recaudos apropiados del local donde se realicen las mediciones, no utilizar regulador de temperatura o bien un calentador/refrigerador. Al final se utilizaría 3 sensores de temperatura, 1 piranometro, un flujometro. Una simple bomba de circulación con o sin su regulador electrónico podría ser el único equipo de circulación necesario.

3. ENSAYOS REALIZADOS:

Hasta el momento se han realizado más de 15 ensayos diversos, habiendo concluido con dos protocolos satisfactorios, para la medición del rendimiento de un colector de 1,3 m², y de un intercambiador de calor de un termotanque de 100 litros. El colector es del tipo de cobre con placas de aluminio pintada de negro con pintura común. La circulación en su seno se hace a través de una parrilla de varios tubos paralelos como es de costumbre en los sistemas termosifón. El termotanque tiene su intercambiador de doble envolvente. El volumen del intercambiador es de 5 litros mientras su volumen de almacenamiento se reduce a 90 litros.

3.1. Medición de rendimiento de un colector:

Se tuvo varios intentos para calcular ese rendimiento, el principal problema que apareció fue de la medición del caudal y asegurar su constancia, puesto que con un colector tan pequeño, el flujo recomendado se sitúa a 1 l/min. Otro problema fue de la medición de las temperaturas.

Instrumentos utilizados. Las temperaturas se midieron con termoresistencias ya que tienen un rango de precisión más elevado que las termocuplas de los multímetros.

La radiación solar se midió con un piranometro de buena precisión.

El flujo se midió de una manera muy simple, lo que nos impide tener una buena precisión. Hemos abierto la circulación del fluido caloportador para instalar un grifo, de este cae el agua hasta un bidón y el agua recircula hacia la bomba.

Equipos utilizados. Se utilizaron dos vainas de cobre para colocar los sensores de temperatura, una bomba de una potencia de 60W mangueras y varios accesorios de plomería como codos té y cruces. Para la orientación y inclinación del colector, se empleo una estructura inclinable sobre ruedas, lo que permite hacer una orientación optima del colector.

Método para el cálculo. Se hacen mediciones de:

- temperatura de entrada T_e (K)
- temperatura de salida T_s (K)
- radiación solar sobre el plano del colector I (W/m²)
- flujo f (l/min)
- temperatura del ambiente T_a (K)

Es necesario conocer la superficie del colector (S) y el volumen del colector para saber que temperatura de entrada asignar a una temperatura de salida. Así se conoce el tiempo t_{col} entre el momento en el cual el fluido entra y sale del colector. Entonces el salto de temperatura en (K) está definido por la Ec. (1):

$$\Delta T = T_s(t + t_{col}) - T_e(t) \quad (1)$$

Se aproxima el volumen máscico $V_{máscico}$ y el calor específico C_p del agua con su temperatura media T_m en (K) mediante la Ec. (2):

$$T_m = \frac{T_s(t+t_{col})+T_e(t)}{2} \quad (2)$$

La energía ganada por el fluido (E_{fluido}) en (J) en el tiempo t_{col} se calcula con la Ec.(3):

$$E_{\text{fluido}} = \Delta T \times t_{\text{col}} \times V_{\text{masico}}(T_m) \times C_p(T_m) \times f \quad (3)$$

Por fin se puede determinar el rendimiento del colector η_{col} , Ec. (4):

$$\eta_{\text{col}} = \frac{E_{\text{fluido}}}{I \times S \times t_{\text{col}}} \quad (4)$$

El cual será representado frente el factor T^* , Ec.(5):

$$T^* = \frac{(T_m - T_a)}{I} \quad (5)$$

3.2. Resultados obtenidos:

Con ese método de cálculo representamos el rendimiento en función de T^* como lo vemos en la Fig. 1 y podemos obtener una curva de rendimiento del colector en función al factor T^* y aproximar los factores que definen la Ec.(6).

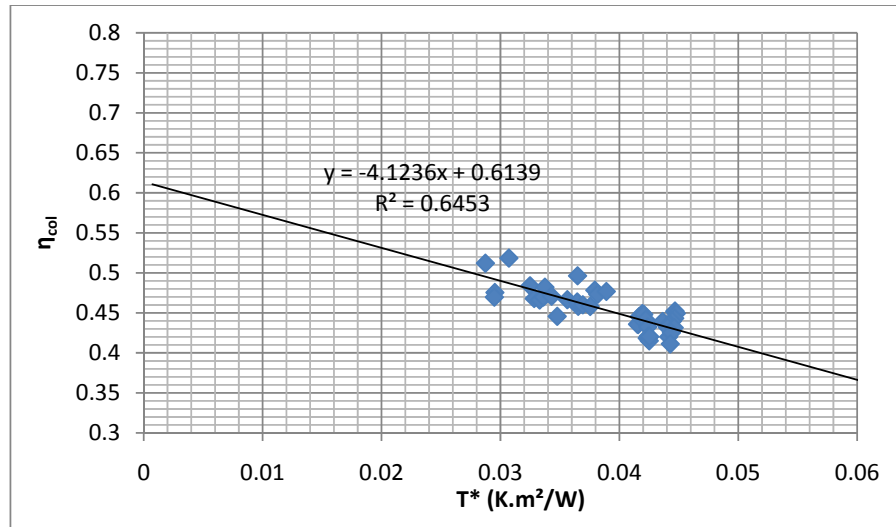


Figura 1- curva de rendimiento del colector obtenida

$$\eta_{\text{col}} = \alpha\tau - K \times T^* \quad (6)$$

Nuestro colector tiene un coeficiente óptico $\alpha\tau$ de 0,613 y un coeficiente de pérdida K de 4,123 W/(m².K) en funcionamiento forzado.

3.3. Problemas y mejoramiento de las mediciones:

El punto crítico de nuestras experimentaciones se encuentra en la medición del caudal. Para tener un protocolo de mediciones final necesitamos un caudalímetro de buena precisión.

La toma de datos durante ese ensayo necesitó la presencia de dos personas, lo que permitió verificar la posibilidad de aplicación del método sin utilizar un datalogger. Sin embargo, de disponer de un datalogger con un mínimo de 4 entradas analógicas, se podría automatizar las mediciones y así dejar el equipo funcionando varios días con supervisiones puntuales.

3.4. Medición de rendimiento del intercambiador de calor:

El intercambiador de calor medido es llamado de doble envolvente, tecnología utilizada por la mayoría de las empresas termosolares locales.

Instrumentos utilizados. Para la medición de las temperaturas se han utilizado los mismos equipos que para la medición de los colectores, es decir termoresistencias y mediciones de caudal.

Equipos utilizados. En este caso se han utilizado cinco vainas de cobre para colocar los sensores de temperatura, una bomba de una potencia de 60W mangueras y varios accesorios de plomería como codos té y cruces.

Método para el cálculo. Se hacen mediciones de:

- temperatura de entrada T_e (K)
- temperatura de salida T_s (K)
- flujo f (l/min)
- temperatura del agua en el termostato en tres puntos, abajo, al medio y arriba.

Para el desarrollo de las pruebas se hace calentar el fluido caloportador con el colector solar. Por lo tanto la temperatura de entrada no es constante. Hemos aplicado el método similar de asignar la temperatura de salida correspondiente a la temperatura de entrada, sabiendo el tiempo t_{inter} que necesita el fluido para atravesar el intercambiador de esa manera podemos calcular la pérdida de temperatura ΔT (K):

$$\Delta T(t) = T_s(t + t_{inter}) - T_e(t) \quad (7)$$

La energía perdida por el fluido caloportador E_{fluido} (J) se expresa por la Ec.(8):

$$E_{fluido} = \sum_{t=0}^{t_{final}} C_p \times \Delta T(t) \times V_{masico} \times f \times t_{inter} \quad (8)$$

La energía ganada por el agua dentro del termostato E_{agua} (J) se define con la Ec.(9), para su cálculo es necesario conocer el volumen del tanque V_{tanque} y sus temperaturas medias inicial T_{mi} y final T_{mf} :

$$E_{agua} = V_{tanque} \times C_p \times (T_{mf} - T_{mi}) \quad (9)$$

El rendimiento del intercambiador η_{inter} es la energía ganada por el agua dividido por la energía perdida por el fluido caloportador Ec. (10):

$$\eta_{col} = \frac{E_{agua}}{E_{fluido}} \quad (10)$$

3.5. Resultados obtenidos:

De las dos pruebas realizadas hemos obtenido resultados próximos con un error menor a 9% Tab. 1.

Tabla 1. Resultados de dos días de mediciones del rendimiento de un intercambiador tipo doble envolvente

fecha	duración de la medición (min)	rendimiento experimental
12 de julio	170	0,69
13 de julio	275	0,75

3.6. Problemas y mejoramientos de las mediciones:

Esas pruebas parecían más simples pero se tuvieron problemas para hacer una buena integración de la curva de energía perdida por el fluido. De nuevo, un mejoramiento de las mediciones sería posible de utilizar un datalogger para almacenar y automatizar la toma de datos.

4. CONCLUSIONES, EXPECTATIVAS:

Las pruebas realizadas aún no alcanzan un nivel de precisión suficiente como para utilizarlas en la realización de una norma. Pero se ha constatado que, mientras más pruebas se realizan, se gana cada vez más experiencia en el tema. Esas mediciones permitieron darse cuenta que era imprescindible adquirir varios sensores más finos, como ser caudalímetro o de termoresistencia.

El principal problema para la medición, radica en la precisión del caudalímetro, por lo cual se deberá trabajar en encontrar un mejor método para medir el caudal, o conseguir una bomba regulable con buen ajuste que permita una exactitud relativa en la medición de flujos. Otro punto susceptible de mejora es la lectura de datos que se realiza directamente; al utilizar un datalogger o incorporar una computadora para la toma de datos, también se incrementará la precisión de los datos obtenidos.

Finalmente, como se ha visto, es posible omitir algunos equipos (como el regulador de temperatura, calentador/refrigerador) y sensores de temperatura que exigía la norma, de esa manera simplificar las mediciones y por

supuesto disminuir la inversión necesaria para el montaje de un centro de certificación y el costo de certificación que eso implicaría.

Se estima poder presentar un borrador de protocolo de medición de rendimientos de los distintos elementos de sistemas termosolares antes del fin de año.

Agradecimientos

Se hace presente el agradecimiento a las distintas instituciones que colaboran en el proyecto El Sol, IBNORCA, los voluntarios y tesistas que permitieron la toma de datos y pruebas durante esos dos meses.

EXPERIMENTAL BASE FOR THE ELABORATION OF A SOLARTHERMAL SYSTEM BOLIVIAN CERTIFICATION

Abstract. *The Bolivian solarthermal market is growing quickly. But there are not yet any local systems certified. The problem seems to be the high level of technical knowledge and instrumentation needed in order to make the probes. It also appears important to deduce a certification system from the local experimental possibilities. This article presents the results of possible efficiency experiments that can be used for such a certification process.*

Key words: *Solarthermal system, Certification, Efficiency*