

ENSAYO DE COLECTORES DE BAJO COSTO PARA CALENTAMIENTO DE AGUA

G. San Juan ¹, C. Discoli ¹, M. Hall ², C. Gentile ³, G. Viegas ⁴, V. Barros ⁵, J. Arévalo ⁶

Unidad de Investigación N°2 del Instituto de Estudios del Hábitat (IDEAHAB)
Laboratorio de Modelos y Diseño Ambiental (LAMBDA-λ),
E-mail lambda@arqui.farulp.unlp.edu.ar
Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de La Plata.
Calle 47 N° 162, CC 478. Tel/fax +54-0221-4236587/90 int. 254. La Plata (1900)
E-mail: gustavosanjuan60@hotmail.com, discoli@rocketmail.com

RESUMEN: Se expone el ensayo de colectores solares para calentamiento de agua y conclusiones, acerca de la utilización de materiales de construcción no habituales para este tipo de uso, desarrollando tecnologías constructivas simples y de bajo costo. Se exponen los resultados de su funcionamiento a partir de mediciones en el período invernal, analizando su comportamiento térmico. Se trabajó a partir de realizar y comparar tres tecnologías diferentes de superficie absorbadora: caños de hidrobrazo de ½” (Hb); policloruro de vinilo (PVC) de 2” y polietileno de ¾” (Pe). El desarrollo de este tipo de colectores está orientado a satisfacer las necesidades de agua caliente de poblaciones en condiciones de pobreza. Se alcanzaron niveles térmicos en el agua caliente de: HB: 52,6°C, PVC: 44,4°C y Pe: 41,8°C; con reducciones de costo en relación al sistema de Hb del 60% (PVC) y 76% (Pe).

Palabras clave: Colectores solares – Tecnología apropiada – Ensayo – Bajo costo

INTRODUCCION

El trabajo que se presenta se sustenta en dos proyectos: “Transferencia tecnológica para la mejora de la vivienda de interés social con conciencia ambiental e incorporación de tecnología solar, en una comunidad productora rural” (G. San Juan, IDEHAB-FAU-UNLP, 2006), financiado por la Secretaría de Extensión Universitaria de la Universidad Nacional de La Plata, y “Sistemas alternativos de bajo costo para el saneamiento ambiental y la producción energética aplicada a sectores de escasos recursos”. PICT ANPCyT, N°132-12601/03. (C. Discoli, IDEHAB-FAU-UNLP. 2004/2006).

Los desarrollos que se exponen corresponden a las mediciones realizadas en Banco de ensayos con lo cual se determina la respuesta térmica de colectores solares para calentamiento de agua, en función de un desarrollo basado en diferentes tecnologías constructivas. Sus variables son: costo del sistema, facilidad en la construcción, materiales y herramientas que existen en forma corriente en el mercado y de fácil operación. Se desarrolló en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, de la Universidad Nacional de La Plata, un Banco de Ensayos con su instrumental correspondiente y los protocolos de medición.

Objetivos Generales:

A partir de la experiencia probada se extenderán estos conocimientos a sectores de la comunidad cuya situación de pobreza lo limita a condiciones mínimas de higiene, salubridad y consumo energético. Esto se asocia a la precariedad de sus viviendas y a sus instalaciones sanitarias. Se ha registrado la necesidad de mejorar la calidad de vida de pobladores con amplias limitaciones, así como capacitar a personas beneficiarias de planes sociales de ayuda, transfiriendo tecnología de baja complejidad. La transferencia se realizará a la comunidad de productores descapitalizados del parque Pereyra Iraola, de los partidos de La Plata y Berazategui, provincia de Buenos Aires.

Como objetivos particulares se plantean:

- i. Desarrollar modelos tecnológicos (sistemas solares) que permitan ser adoptados por la comunidad;
- ii. Profundizar en la puesta a punto de la metodología de ensayo.
- iii. Verificar las eficiencias relativas en su relación costo-beneficio.
- iv. Transferir tecnología apropiada favoreciendo el desarrollo de oportunidades en un sector social en condiciones de pobreza, privado de servicios básicos como agua caliente para higiene personal, lavado de ropa, alimentos y saneamiento de excretas.
- iv. Relacionar a la Universidad en materia de transferencia social con entidades barriales y de gestión municipal.

¹ Investigador CONICET, ² Becario ANPCYT, ³ Investigador FAU-UNLP, ⁴ Becario CONICET,
⁵ Becaria Formatec III-CIC, ⁶ Colaborador.

La innovación reside en la reducción de costos de los sistemas, y la adopción de tecnología apropiada, así como el desarrollo de técnicas de medición con lo cual obtener experiencia sobre la construcción y ensayo de este tipo de tecnología.

DESARROLLO

Características de los sistemas ensayados

Los colectores corresponden a un modelo de placa plana compuesta por conductos verticales y colectores con funcionamiento termosifónico. Se desarrollaron “probetas” con una superficie de colección de 0.50 m² (1.00 m x 0.5m) adoptándose diversas tecnologías constructivas, las cuales corresponden a técnicas sencillas y materiales habituales posibles de conseguir en comercios de uso corriente y de costo bajo.

- i. Placa intercambiadora de chapa negra N°18, caños de hidrobronz (Hb) de 1/2” y colectores de 3/4”, con soldadura de estaño, todo pintado con pintura negro mate. Caja de chapa galvanizada de 9cm de altura con aislamiento térmico de 1” de poliestireno expandido de 20 Kg/m³ y barrera antirradiante aluminizada y cubierta de vidrio simple de 3mm. Tanque de acumulación de plástico reforzado centrifugado de 40 lts con 2” de lana de vidrio como aislamiento térmico. Cañería de conexión de polipropileno liviano de 3/4”, con aislamiento térmico por vainas estándar. Figura 1. Este tipo de placa, es la más cercana a equipos tradicionales, la cual se utilizó como probeta de referencia.
- ii. Placa compuesta por una parrilla de caños de policloruro de vinilo (PVC) de 2”, colectores de 2” y conexiones con piezas “T”, siempre materiales línea liviana, pintados de negro mate. No se incluye placa colectora metálica. Caja de chapa galvanizada de 12cm de altura con aislamiento térmico de 1” de poliestireno expandido de 20 Kg/m³, barrera antirradiante aluminizada, y cubierta de vidrio simple de 3mm. Tanque de acumulación de plástico reforzado centrifugado de 40 lts con 2” de lana de vidrio como aislamiento térmico. Cañería de conexión de polipropileno liviano de 3/4”, con aislamiento térmico por vainas estándar. Figura 2. Este tipo de resolución es muy sencilla ya que los caños se unen con disolvente para PVC.
- iii. Placa compuesta por una parrilla de caños de polietileno negro de 3/4”, colectores de 3/4” y conexiones con piezas “T”, enchufables. Caja de chapa galvanizada de 9 cm de altura con aislamiento térmico de 1” de poliestireno expandido de 20 Kg/m³, barrera antirradiante aluminizada, y cubierta de vidrio simple de 3mm. Tanque de acumulación de plástico reforzado centrifugado de 40 lts con 2” de lana de vidrio como aislamiento térmico. Cañería de conexión de polipropileno liviano de 3/4”, con aislamiento térmico por vainas estándar. Figura 3. Este tipo de sistemas es de resolución muy sencilla ya que no requiere de soldadura ni pegado ya que se resuelve por conexión entre los caños y las piezas.



Figura 1: Sistema utilizando placa absorbidora de Hidrobronz.



Figura 2: Sistema utilizando placa absorbidora de Caños de PVC de 50mm.



Figura 3: Sistema utilizando placa absorbidora de Caños de polietileno de 3/4”

Costos de los colectores

Para la comprensión del costo-beneficio considerando: tecnología constructiva por autoconstrucción, capacidad térmica y costo de materiales del Sistema, se calculó el costo del Sistema a partir de sus componentes (caja, placa, acumulación y conexiones), al mes de agosto de 2006. Se consideró un sistema compuesto por un colector de 2 m².

- **Caja variante 1:** Perfiles “C” de chapa doblada de hierro galvanizado N°25 (H°G°), con fondo de igual material. Cubierta transparente de policarbonato alveolar de 4mm, aislación térmica de poliestireno expandido de 25 mm de 20 Kg/m³; barrera antirradiante de papel de aluminio, todo con sellador siliconado.
- **Caja variante 2.** Ídem anterior. Se reemplazó la caja de H°G°, por terciado fenólico de ½”, con protección funguicida y terminación al sintético.
- **Placa variante 1:** cañería compuesta por 8 caños de hidrobrazo de ½” y colectores de ¾”, sobre 8 planchuelas individuales de chapa negra N°18, soldadas con estaño al 50%. Pintura negro mate, película fina aplicada a soplete.
- **Placa variante 2:** Cañería compuesta de 11 caños de 50mm de diámetro de policloruro de vinilo (PVC) acoplados a colectores compuestos por uniones “T”, material línea liviana, soldados por adhesivo fundente. Pintura negro mate, película fina aplicada a soplete.
- **Placa variante 3:** cañería compuesta por 9 caños de polietileno negro de ¾”, acoplados a colectores compuestos por uniones “T”.
- **Tanque de acumulación variante 1:** Doble tanque cementicios (500 lts y 300 lts), con aislación térmica de 50 mm de lana de vidrio, accesorios de polipropileno y válvula de retención.
- **Tanque de acumulación variante 2:** tanque interior de PVC o polietileno inyectado (150 lts), cubierta de chapa de H°G°, aislamiento térmica de 50 mm de lana de vidrio, accesorios de polipropileno y válvula de retención.
- **Conexión variante 1:** Caños de polipropileno de ¾” y ½”, llaves de paso y aislación térmica pesada con terminación aluminizada.
- **Conexión variante 2:** Caños de polietileno negro de ¾” y ½”, llaves de paso y aislación térmica pesada con terminación aluminizada.

Composición de cada sistema:

Sistema 1 (Hidrobrazo): Caja variante 1; Placa variante 1; Tanque de acumulación variante 1; Conexiones variante 1.

Sistema 2 (PVC): Caja variante 1; Placa variante 2; Tanque de acumulación variante 2; Conexiones variante 1.

Sistema 3 (Polietileno): Caja variante 2; Placa variante 3; Tanque de acumulación variante 2; Conexiones variante 2.

En cuanto a la placa, la mayor sensibilidad en el costo corresponde al colector de referencia constituido con Placa de H°B° (1431 \$), sobre el de PVC2” (205 \$) y el de Polietileno (50 \$). La caja de chapa de G°H° es sensiblemente mayor (275 \$) por sobre la de madera (148 \$), con la salvedad de que la primera posee una mayor duración a la intemperie pero la segunda es de mayor facilidad en su construcción y con posibilidades de realización con materiales reciclables. En cuanto a los tanques, la variante 2 ofrece menor costo, con incorporación de mayor tecnología en su construcción, con la posibilidad de utilizar materiales de reciclado; contra la dificultad de maniobra y diversidad de capacidad con las que se cuenta en el mercado. Gráfico 1.

El Sistema 1 posee un costo de materiales de 2279 \$ (1140 \$/m²), el Sistema 2 de 919 \$ (460 \$/m²) y el Sistema 3 de 542 \$ (271 \$/m²). Se debe tener en cuenta que en el mercado existen colectores planos compuestos por “parrilla” de caños de cobre hasta un precio de 1300 \$/m² (mano de obra, captación, control y acumulación). Gráfico 2.

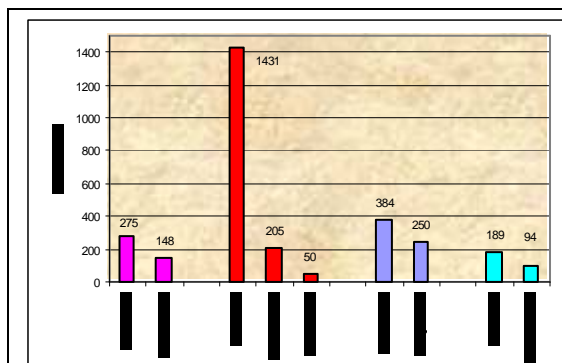


Gráfico 1: Costo (\$) de las variantes de componentes.

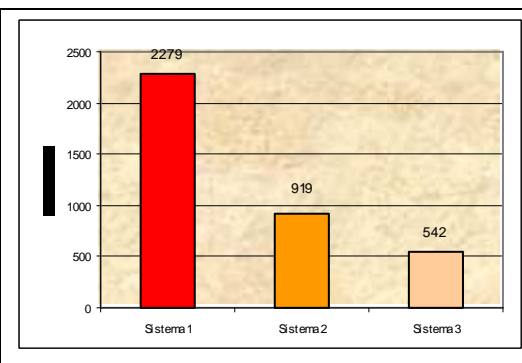
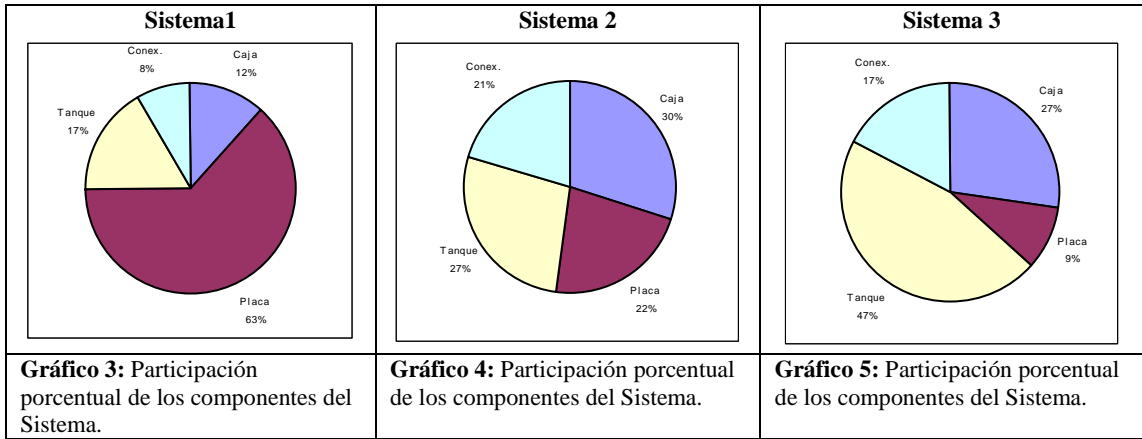


Gráfico 2: Costo (\$) de los Sistemas desarrollados.

En cuanto a la participación porcentual de cada componente, en el **Sistema 1** es de: Caja 12%, Placa 63%, Tanque 17% y Conexiones 8%. En el **Sistema 2** es de: Caja 30%, Placa 22%; Tanque 27% y Conexiones 21%, y para el **Sistema 3** es de: Caja 27%, Placa 9%, Tanque 46% y Conexiones 19%. Esto implica la importancia en el costo de la placa de hidrobrazo, y la reducción significativa para la placa de polietileno. Mayor investigación se requiere en este sentido en este último tipo de material y en la definición de un tanque de acumulación de mejor performance. Gráficos 3, 4 y 5.



Características del Banco de Ensayos

Se diseñó, construyó e instaló en la Facultad de Arquitectura (Laboratorio de Modelos y Diseño Ambiental - LAMbDA), un banco de ensayos móvil, en aluminio pre-pintado blanco, el cual contempla: i. Módulo para sostén de los colectores, para diferentes tamaños de colector y con posibilidades de inclinación; ii. Módulo de sostén de tanques; iii. Módulo de guardado de equipos de medición.

El equipo de medición utilizado es el siguiente: sensores de la temperatura de entrada y salida de agua al colector, por termocuplas de cobre-constatan (tipo “T”). Pese a que el colector de datos tiene un sensor de temperatura ambiente propio, se colocó un termopar para medir la temperatura ambiente. Todos estos termopares están conectados al colector de datos OM-CP-CCTTEMP de 8 canales. Para la temperatura del agua dentro de los tanques de acumulación, se utilizaron termistores TMC6-HA, conectados a Microloggers HOBO H06-006_04. La radiación solar se midió con un radiómetro EPPLEY tipo PSP durante el ciclo de exposición del sistema, conectado a un Microloggers HOBO H06-006-04, para termocupla tipo “J”. Se utilizó un termómetro infrarrojo LUTRON TM-909 para verificar la estanqueidad térmica del sistema, detectando en algunos puntos pérdida de temperatura, los que fueron corregidos de inmediato. El procesado de la información se realizó con el “OMEGA2”, para las termocuplas, y el “Box Car Pro 3.01” para la información de los HOBO. Figuras 1 a 4.



Figura 1: Banco de Ensayos.



Figura 2: Detalle de Banco de Ensayos.

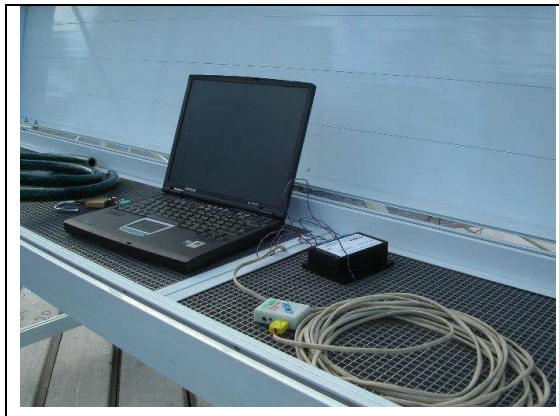


Figura 3: Banco de Ensayos. Instrumental

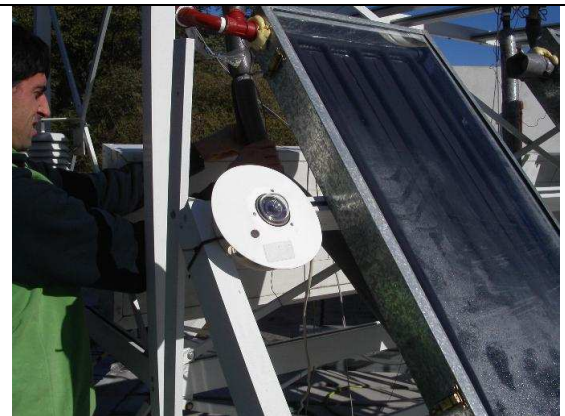


Figura 4: Banco de Ensayos. Radiómetro.

Metodología utilizada

Para el ensayo de los sistemas y placas se construyeron módulos o “probetas” de cada tecnología adoptada:

Condiciones de las “probetas” de medición:

- i. Similitud entre los tres sistemas en cuanto a las siguientes variables independiente: a. Superficie expuesta de colector = 0.5 m²; b. Capacidad de acumulación en tanque = 40 lts por colector; c. Ubicación e inclinación (60°, para condición de invierno); d. Tipo de conexiones y aislamiento térmica; e. Superficie transparente en cuanto a material, tamaño y espesor; material y aislamiento de la caja.
- ii. Variación en cuanto a la placa colectora ya descripta.

De la metodología de medición: (Rapallini et al. 1980). (Guerrero J. 1980).

- i. Medición en el período invernal del 7 al 31 de Julio.
- ii. Serie de días seleccionados: del 22 al 27 de Julio, típico con buena heliofanía (Radiación media = 600 w/m² y máx 700 w/m²), y días con nubosidades intermedias con registros de radiaciones mínimas del orden de 130 w/m².
- iii. Día tipo seleccionado: 24 de julio, período diario seleccionado de 10.52hs a 15.45hs. (mayor a 630 w/m². Norma IRAM N°210-002/83), con un registro de la radiación máxima a las 13.75hs (780 w/m²).
- iv. Variables de análisis: a. Temperatura Ambiente, b. Humedad Relativa ambiente; c. Temperatura de agua a la entrada del colector; d. Temperatura del agua a la salida del colector; e. Temperatura de agua superior del tanque (tercio superior); Temperatura de agua inferior del tanque (tercio inferior); f. Radiación incidente sobre superficie de colector.
- v. Inclinación del colector a 60° con respecto a la horizontal, con orientación norte.
- vi. Por el momento no se evaluó el caudal del fluido de placa colectora dado que la experiencia apuntó a evaluar cada sistema en su conjunto. La evaluación de eficiencia del componente placa, con el objeto de obtener las curvas características, está prevista en una segunda etapa de evaluación.

RESULTADOS

La utilización de materiales no convencionales, requiere de un análisis del comportamiento de los mismos; sus técnicas constructivas más eficientes; y los límites reales de las temperaturas que soportan sin deformaciones significativas. Se minimizan el número de juntas y uniones ya que las mismas aumentan las probabilidades de fugas afectando la estanqueidad de los sistemas. Es prescindible una planificación previa al armado, ya que el proceso de pegado en general es irreversible, limitando la posibilidad de corregir errores, pues se perdería la pieza por deterioro de la misma. En lo referente a los contenedores (cajas), debieron modificarse, para mejorar su instalación, dado que el tamaño y la rigidez de las “parrillas” no cuentan con grandes tolerancias en el proceso de armado. Como respuesta se trabajó con los laterales de las cajas desmontables.

Ensayo de los colectores

Criterios de análisis de datos:

- i. Comportamiento global del sistema de los tres colectores en una serie de 6 días.

Las primeras lecturas obtenidas permiten extraer conclusiones que hacen al comportamiento de los colectores propiamente y del sistema en su totalidad. La puesta en régimen del sistema es de aproximadamente 1 hora, notándose una mayor inercia de “arranque” en el sistema provisto con parrilla de PVC; podemos inferir que se debe a la mayor masa de agua contenido en el mismo, al tener mayor diámetro de tubo, dado que el tiempo mayor empleado para comenzar a calentar se refleja en un período más prolongado de enfriamiento al desaparecer la radiación solar. El comportamiento de los tres sistemas es semejante, advirtiendo algunas diferencias propias de las características de los diferentes materiales empleados.

En la Figura 5 se observan las curvas resultantes de medición continua durante seis días típicos del mes de Julio; se puede apreciar que en los tres primeros períodos se registraron días con buena heliofanía, llegando en el día 24 a 780 watts/m² máximo; los tres días restantes fueron nublados o seminublados, donde la radiación no supero los 200 watts/m². La baja del rendimiento es sensible, pero nos permitió arribar a conclusiones sobre el comportamiento de los materiales bajo esas circunstancias.

- ii. Comportamiento individual de los colectores en el día tipo elegido.

Para el análisis individual se consideró el día 24 de Julio por su alta heliofanía, con una radiación máxima de 780 watts/m² al mediodía y una temperatura ambiente de 17 °C a la misma hora. Se presentan los datos obtenidos para los tres colectores en un periodo de medición donde la radiación solar no sea inferior a los 630 watts/m² (Norma IRAM 210 002). Tabla 1.

Medición	°C	Medición	°C
Máx_Ambiente	22,00	Prom_Ambiente	19,70
Máx_Entrada HB	49,54	Prom_Entrada HB	37,18
Máx_Salida HB	52,59	Prom_Salida HB	41,56
Máx_Entrada PVC	41,82	Prom_Entrada PVC	34,01
Máx_Salida PVC	44,44	Prom_Salida PVC	37,73
Máx_Entrada Pe	37,27	Prom_Entrada Pe	29,17
Máx_Salida Pe	41,84	Prom_Salida Pe	35,52
	w/m2		w/m2
Máx_Radiación	704,11	Prom_Radiación	494,41

Tabla 1. Valores de temperatura y radiación para cada sistema.

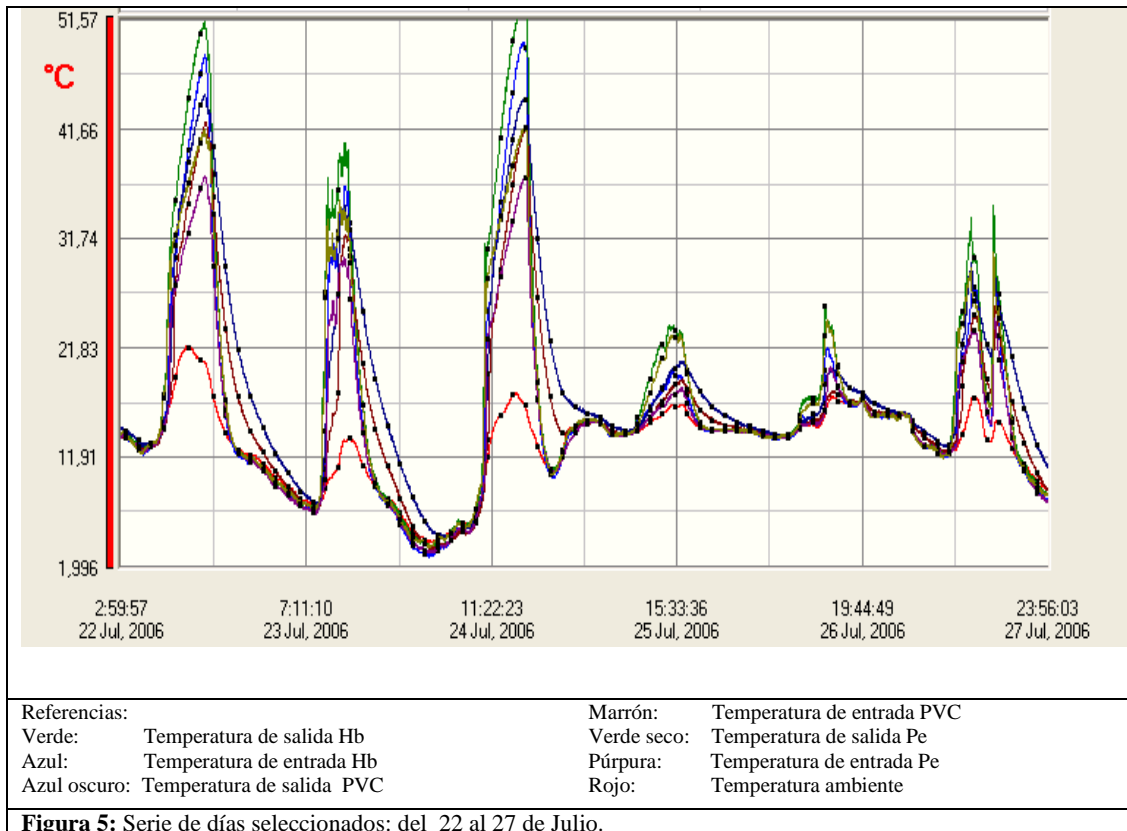


Figura 5: Serie de días seleccionados: del 22 al 27 de Julio.

iii. Comparación del comportamiento de los tres colectores.

Del análisis de las curvas de la Figura 6 correspondientes al Sistema 1 (colector de hidrobronz), se observa cómo responde el colector a la radiación solar incidente: Este se pone en marcha unos 30 minutos más tarde de que la radiación alcance 120 a 130 watts/m². A las 11.15 horas alcanza los 630 watts/m² que la norma exige. Cuando esto ocurre el sistema se encuentra a 32°C en la salida del colector y alcanza su máxima temperatura de 52.6°C, alrededor de las 15.49 horas (3½ horas más tarde que el máximo de radiación registrado que ocurrió a las 13.30 hora con 780 watts/m²).

En la Figura 7 se observa el comportamiento del Sistema 2 (colector de PVC de diámetro de 50 mm). El tiempo de inicio del ciclo termosifónico tiene un retraso de 1 hora aproximadamente; se infiere que es debido al mayor volumen de agua comparado con las secciones de ¾ de pulgada de los otros dos colectores. La curva es más suave, alcanzando un máximo de alrededor de 44,4 °C, a las 16,20hs.

El colector de polietileno negro muestra un comportamiento semejante al de hidrobronz, en lo que hace a la respuesta casi inmediata a la radiación solar, las temperaturas alcanzadas son más bajas. Se alcanzan los 41,8 °C de temperatura máxima, a las 16,18hs. Figura 8.

Se registra entonces una diferencia de temperatura entre el sistema con placa de hidrobronz, (tomado este como referencia) y el de PVC y Pe, de 8.2°C y 10.9°C respectivamente. Debe considerarse que se trabajó en este caso con

un sistema sin extracción ni incorporación de agua. Estos valores deben ser tenidos en cuenta en función de los costos de cada sistema y su tecnología de construcción, en una relación costo-beneficio. (E. Rosenfeld, et al, 2004).

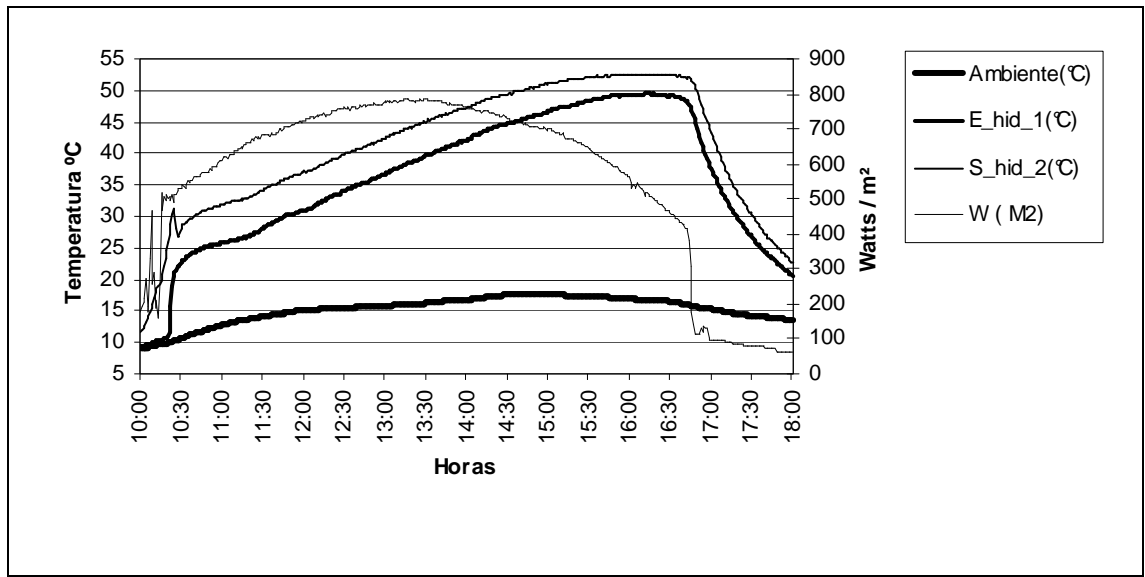


Figura 6: Colector de Hidrobron con tubos de 1/2" de pulgada.

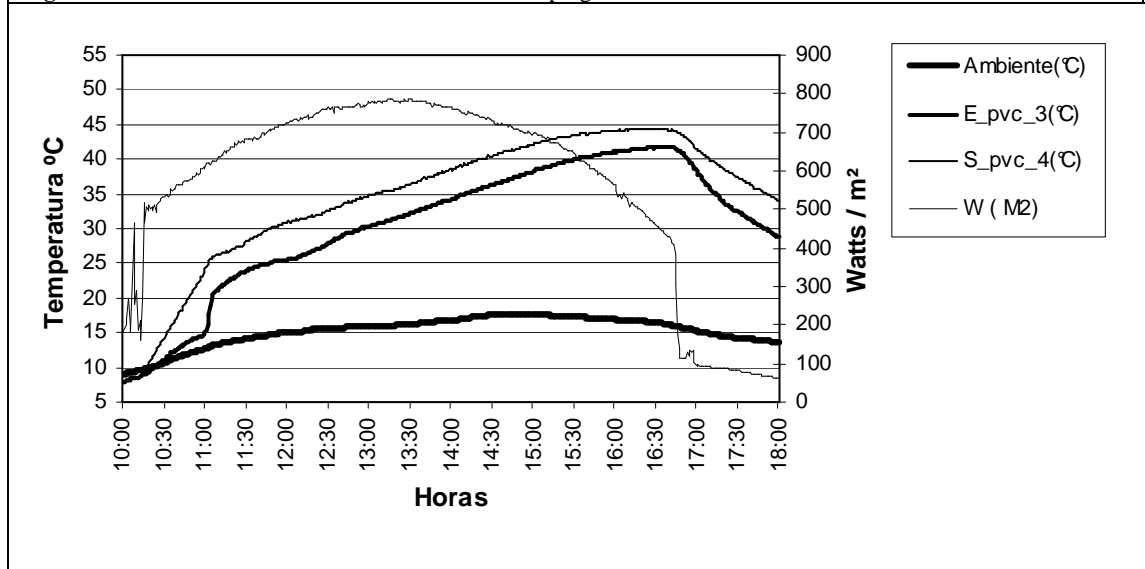


Figura 7: Colector de PVC de 50 mm de diámetro.

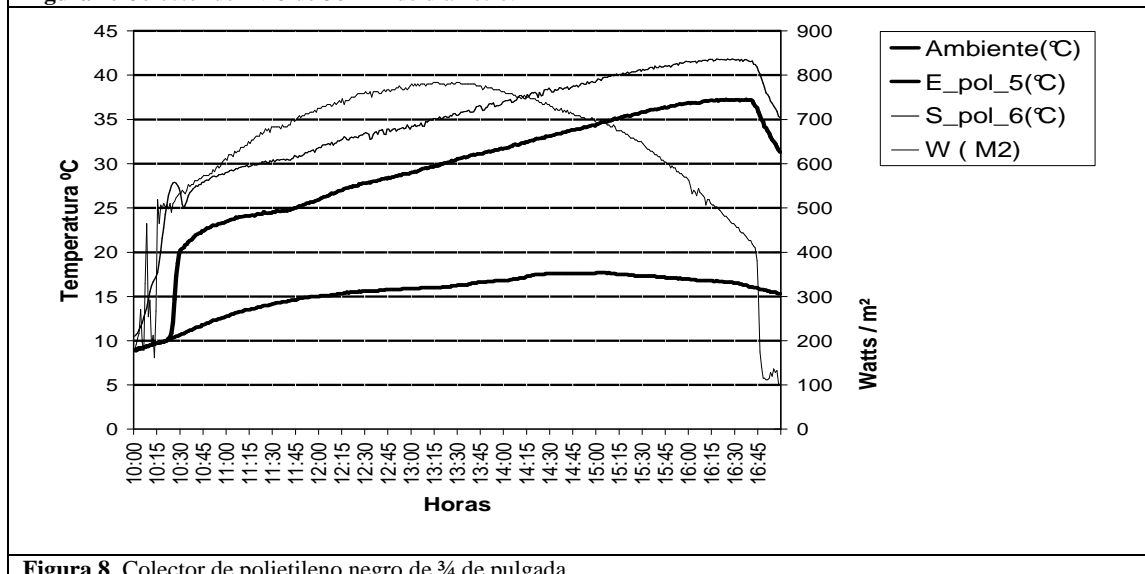


Figura 8. Colector de polietileno negro de 3/4 de pulgada.

CONCLUSIONES

La realización de colectores contruidos con materiales de bajo costo como el PVC o el polietileno negro, abren un campo de desarrollo orientado a los estratos sociales sin recursos para acceder a este tipo de tecnologías. El bajo costo de los materiales empleados (PVC y polietileno negro), la facilidad constructiva, usando herramientas comunes en un hogar, y la posibilidad de su realización por auto construcción con personas de poca especialización en la materia, fueron las premisas que impulsaron este desarrollo.

El desafío en esta etapa fue poder determinar los límites constructivos y de funcionamiento, ya que estos materiales tienen una gran dispersión en lo que hace a su fabricación; homogeneidad de sus componentes, calibre de los espesores, temperaturas de deformación, etc. Experiencias previas nos muestran una alta capacidad del PVC de exposición a la intemperie, donde luego de varios años expuestos a las inclemencias del tiempo ininterrumpidamente, al ser revisados muestran un deterioro superficial muy bajo, mientras que su interior se mantiene intacto.

Por su parte el polietileno negro compensa cualquier deterioro anual con el muy bajo costo de realización (ver cuadro comparativo) lo que lo pone en el límite de lo "usar y tirar"

En lo que respecta a los niveles térmicos alcanzados en el agua caliente, las temperaturas máximas alcanzadas en la salida de la placa (entre las 15,45 y 16,15hs para el mes de Julio) fueron de: HB: 52,6°C, PVC: 44,4°C y Pe: 41,8°C con diferencias de temperatura en relación al de HB de 8,2°C y 10,9°C, respectivamente. Dado que estos sistemas están orientados a una población que utiliza el agua para la higiene a temperatura ambiente; los niveles alcanzados representan la posibilidad de elevar unos grados la temperatura, lo que implicaría contar con este servicio, muchas veces inexistente, poder autoconstruirse sus propios colectores solares y tender con estas medidas a una mejora en la calidad de vida.

Se prevé como continuación de estos ensayos, la medición de colectores de 2 m², pensados para alimentar un sistema real, que nos permita medir estática y dinámicamente su funcionamiento, a los efectos de transferir estas tecnologías a los grupos a que están destinados.

Se debe destacar los aciertos descriptos, como también los inconvenientes encontrados en su desarrollo, advirtiendo que estas tecnologías no admiten sobrecalentamientos, pues tienen un bajo punto de ablandamiento, y se producen deformaciones permanentes difíciles de corregir. Las juntas o uniones representan puntos débiles, debiendo reducir la cantidad de las mismas. Una planificación conciente hará que se reduzcan los errores constructivos o de armado, minimizando la pérdida de componentes.

REFERENCIAS

- Guerrero J. (1980). *"Dimensionamiento de instalaciones solares para calentamiento de agua"*. Actas de la 6ta Reunión de Trabajo de ASADES, Catamarca.
- Norma IRAM. 210 002. (1983). *"Colectores solares. Métodos de ensayo para determinar el rendimiento térmico"*.
- Rapallini A. (1980). "Ensayo de colectores solares en el banco de pruebas de la Comisión nacional de Investigaciones espaciales". Actas de la 6ta Reunión de Trabajo de ASADES, Catamarca.
- E. Rosenfeld. G. San Juan. C. Discoli G. Viegas, (2004). *"Transferencia de tecnología apropiada en servicios básicos para sectores de escasos recursos"*.

ABSTRACT: The test of solar collectors for water heating is exposed. Conclusions about the use of non habitual construction materials for this type of use are presented, developing simple and low cost constructive technologies. The results of their operation are exposed from measures in the winter period, analyzing their thermal behavior. Three different technologies have been constructed and compared: hidrobraz pipes ½"; PolyVinyl Chloride (PVC) 2" and polyethylene ¾." The development of this type of collectors tends to satisfy the populations' hot water needs under poverty conditions. Thermal levels were reached in hot water: HB: 52,6°C, PVC: 44,4°C and Pe: 41,8°C; with cost reductions in relation to the system of Hb of 60% (PVC) and 76% (Pe).

Keywords: Solar collectors - Appropriate technology – Test - Low cost.