

CALENTAMIENTO SOLAR DE AGUA PARA UN HABITAT SOCIAL SUSTENTABLE: ESTRATEGIAS Y HERRAMIENTAS PARA SU PROMOCION Y ADOPCION.

Garzón, B.¹; Almirón Font, S.; Amín, A. L.; Carrizo, M. S.; Cejas, F.²

Secretaría de Ciencia y Técnica –Facultad de Arquitectura y Urbanismo, UNT. CONICET. Av. Roca 1900.
San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina. 4000. bgarzon@gmail.com¹
Secretaría de Ciencia y Técnica Facultad de Arquitectura y Urbanismo, UNT.²

RESUMEN: Sus objetivos son: a) Promover la calidad de vida de la población de menores recursos, y en general, mediante el desarrollo y la difusión de estrategias y dispositivos que aprovechen la energía solar; b) Demostrar su conveniencia y eficacia para el calentamiento de agua; c) Acercar al sector herramientas asequibles a los requerimientos de confort, higiene y cuidado ambiental; d) Impulsar el desarrollo de recursos humanos comprometidos con la realidad social y ecológica actual; e) Aportar soluciones alternativas en el Campo del Hábitat. Las Acciones desarrolladas y Productos alcanzados se enmarcan en 5 Ejes: a) Investigación sobre el Diseño y Promoción de sistemas para el calentamiento solar de agua; b) Desarrollo de 2 Prototipos Didácticos a escala; c) Experimentación: del Prototipo 2 pues el 1 está en construcción; d) Evaluación y Monitoreo de lo realizado; e) Transferencia: en zonas rurales. La evaluación pudo corroborar: a) el eficaz funcionamiento del Prototipo 2 -en periodos breves, elevó la temperatura del agua entre 60° y 70°C- sobrepasando los niveles requeridos, p.ej. para higiene personal (45-55°C); b) el bajo costo de ambos prototipos en relación a un sistema convencional (calefón a leña).

PALABRAS CLAVE: Calentamiento solar de agua. Hábitat sustentable. Estrategias y herramientas para su promoción y adopción.

INTRODUCCIÓN

El Sol, ha brillado en el cielo desde hace unos cinco mil millones de años y se calcula que todavía no ha llegado ni a la mitad de su existencia. Este año, la estrella arrojará sobre la tierra cuatro mil veces más energía de la que vamos a consumir.

Sería poco lógico no intentar aprovechar, por todos los medios técnicamente posibles, esta fuente energética gratuita, limpia e inagotable, que puede liberarnos de la dependencia del petróleo o de otras alternativas poco seguras, contaminantes o, simplemente, agotables.

Se hace evidente que en sectores de nuestra población donde los ingresos son escasos o insuficientes, ello incide en los problemas de acceso a un hábitat adecuado y a servicios sanitarios como el agua caliente.

En este contexto, se hace apremiante la necesidad de realizar aportes para contribuir a solucionar este déficit y a la sustentabilidad del medio natural y cultural en consideración.

Es decir, que al tener a nuestra disposición el recurso natural y las herramientas para cubrir ciertos requerimientos energéticos de forma ecológica, es necesario difundirlos y transferirlos a través de estrategias y productos que favorezcan la inclusión social, la interacción de las experiencias cotidianas y de los saberes científicos-académicos con los populares en lo que respecta, particularmente, al calentamiento solar de agua.

Por otro lado, en el medio geográfico en consideración -provincia de Tucumán-, existen escasas experiencias al respecto.

OBJETIVOS

- Promover el mejoramiento de la calidad de vida de la población en general, mediante el desarrollo y la difusión de estrategias y dispositivos que aprovechen la energía solar y permitan la difusión y capacitación y permitan generar otros sistemas y su adopción,
- Demostrar la conveniencia de los sistemas para el calentamiento de agua,
- Acercar a la población de menores recursos herramientas asequibles y útiles a los requerimientos de confort e higiene de la sociedad contemporánea con el salvaguardo de la calidad ambiental,
- Impulsar el desarrollo de recursos humanos comprometidos con la realidad social y ecológica actual,
- Aportar soluciones alternativas en el Campo del Hábitat.

METODOLOGIA:

El trabajo se inscribe en el marco de:

1. La *Investigación-Acción Participativa* "IAP" (Figura 1) como una práctica social de producción de conocimientos que busca la transformación social y que se produce en la propia acción y contribuye a ella, (Garzón, B. 2004).
2. El desarrollo de *Tecnologías No Convencionales para la Difusión y la Capacitación*,
3. El *Uso Eficiente y Racional de la Energía*.

¹ Directora Proyecto Facultad de Arquitectura y Urbanismo-Secretaría de Ciencia y Técnica – Docente Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de Tucumán. Investigadora y Directora Proyecto CONICET. Directora Proyecto MinCyT. Co-responsable Programa de Voluntariado, Secretaría de Extensión, Universidad Nacional de Tucumán.

² Integrante Proyecto Facultad de Arquitectura y Urbanismo-Secretaría de Ciencia y Técnica, Universidad Nacional de Tucumán. Integrante Programa Nacional de Voluntariado, Secretaría de Extensión, Universidad Nacional de Tucumán.

La *investigación es aplicada* con el propósito de proporcionar aportes a la problemática habitacional, educativa y sanitaria que experimentan los sectores de menores recursos y promover los procesos de autogestión y un desarrollo sostenido de estas comunidades.

Tiene un carácter *experimental*, pues se desarrollan “acciones” y “modelos” -arquitectónicos, tecnológicos, organizativos, etc.- para analizar sus posibles “efectos” y “contribuciones” y como “herramientas demostrativas” que conlleven al mejoramiento del hábitat popular.

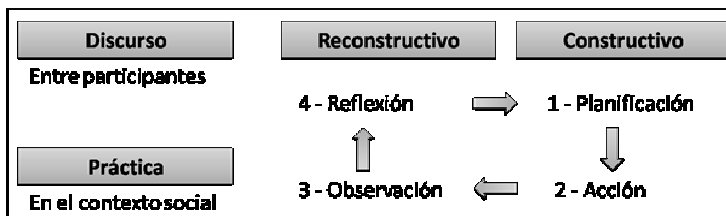


Figura 1: IAP.

ÁREA DE TRABAJO Y BENEFICIARIOS

El Proyecto abarca sectores pertenecientes a la Provincia de Tucumán, alcanzando comunidades y escuelas ubicadas en zonas rurales.

Los sitios donde se desarrolla el trabajo son (Figura 2):

- Benjamín Paz (Trancas),
- Garmendia (Burrucacú),
- Los Pereyra (Cruz Alta),
- Horco Molle (Yerba Buena),
- Juan Bautista Alberdi (Alberdi),
- Colalao del Valle (Tafi del Valle)
- Balderrama (Simoca).

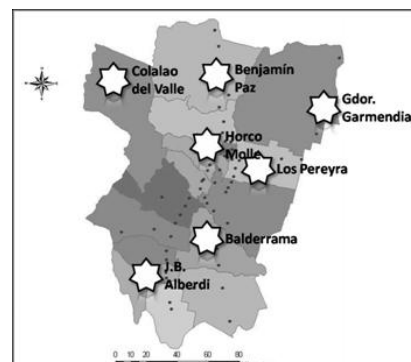


Figura 2: Ubicación geográfica del área de trabajo.

RESULTADOS

Descripción del proyecto:

El proyecto se estructura a través de la ejecución de las siguientes etapas:

- Análisis de la situación actual
- Definición de los objetivos y alcances
- Recopilación y revisión bibliográfica
- Reuniones comunitarias para la Planificación Estratégica
- Estimación de los recursos disponibles
- Seminarios internos.
- Diseño de los Prototipos
- Confección de la planimetría
- Materialización de los Prototipos
- Ensayos de campo y laboratorio
- Producción de material para la difusión y la transferencia.
- Difusión y Transferencia de los resultados
- Evaluación y Monitoreo.
- Redacción del informe final

Las **Acciones** desarrolladas y **Productos** alcanzados se enmarcan dentro de 5 Ejes, los cuales son:

1) Investigación:

Materiales y Métodos:

En un primer momento, se procedió a realizar un relevamiento del estado de situación de determinadas comunidades tomadas como poblaciones muestra. Se evaluaron las necesidades y se confeccionaron un listado con las más apremiantes.

Posteriormente, en confrontación con los recursos a nuestra disposición, se formularon los objetivos tendientes a satisfacer dichos requerimientos. Puesto que el afán por cubrir todas las demandas derivaría en respuestas inadecuadas o incompletas, se delinearón objetivos más específicos, determinándose como fin de la tarea investigativa *el desarrollo y la difusión* de sistemas de calentamiento solar de agua *para consumo doméstico y escolar*.

Una vez establecidas y delimitadas las metas, se enriqueció la investigación mediante la consulta a bibliografía relacionada con el tema, la cual permitió, luego de una cuidadosa revisión de la pertinencia de cada artículo o libro consultado, la validación, corrección, mejora, de nuestro plan de proyecto en base a experiencias y teorías preliminares.

Con este nuevo conjunto de saberes incorporados, se procedió a: 1) el dimensionado y la confección de los primeros esquemas, en forma de esquemas y croquis, que paulatinamente se fueron consolidando, en un proceso constante de control y retroalimentación, hasta constituirse los planos técnicos, con los cuales se procedió a la materialización de los dispositivos de recolección solar, almacenamiento de agua caliente y traslado; 2) a delinear las estrategias para llevar adelante las propuestas tecnológicas y socio-pedagógicas.



Imagen 1: Seminario interno.



Imagen 2: Diseño de los Prototipos.

2) Desarrollo tecnológico:

- Descripción de los prototipos:

En el marco de este proyecto se diseñaron y confeccionaron 2 prototipos con el objeto de servir de modelos didácticos demostrativo-experimentales.

Los sistemas son realizados “a escala” en relación a los cálculos y el diseño de los prototipos en su tamaño real (1 en 1) para el área geográfica en cuestión.

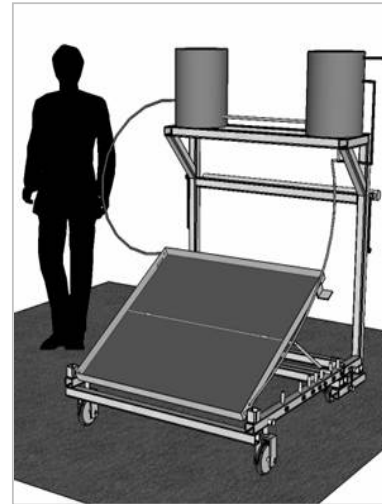
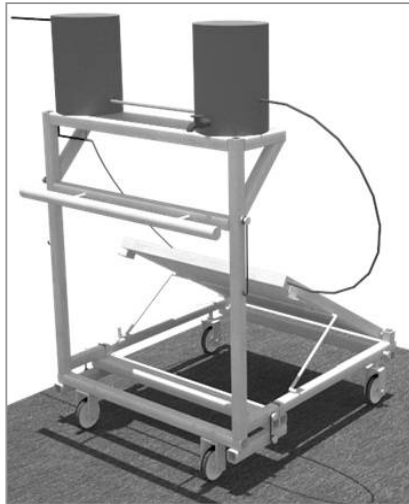
Prototipo 1

El prototipo desarrollado se considera no convencional ya que no se han encontrado antecedentes con sus características.

El mismo se constituye a partir de cuatro componentes básicos:

- Panel captador, de peso aproximado de 50 kg.;
- Tanques de plástico (2) para el almacenamiento de agua, de capacidad de 30 lts. cada uno;
- Cañerías exteriores de vinculación;
- Soporte móvil plegable que permite organizar los diferentes elementos permitiendo una clara visualización y comprensión del dispositivo en su totalidad y su cómodo traslado y movilidad; de peso aproximado de 50 kg.,

El costo aproximado de todo el sistema es de \$ 800. El costo del panel es de \$ 700 y el del mismo a escala real es de \$ 1600.



Imágenes 3 y 4: Prototipo 1.

Prototipo 2

Con el mismo fin de experimentación y difusión se construye otro modelo didáctico. Éste se confecciona con materiales más económicos y de alta disponibilidad en el mercado.

El dispositivo cuenta con la caja aislada que contiene la parrilla de cañerías y una cubierta transparente. Se alimenta directamente de la red y cuenta con una canilla en el extremo superior para salida del agua caliente.

Sus dimensiones y su reducido peso (7 kg.) permiten su transporte fácil y posibilitan su recurrente empleo en las tareas de difusión y transferencia.

Su costo aproximado es \$350 y el del mismo a escala 1:1 es de \$ 850.

La superficie de los paneles de ambos prototipos, en escala real, es de 2 m² y se ha calculado para una demanda de 120 lts./día para una energía necesaria de 4KWh/m²/día, un rendimiento del 50% e inclinación igual a 36° (Garzón, B.; Míguez, M., García Posse, M. G. 2008.).

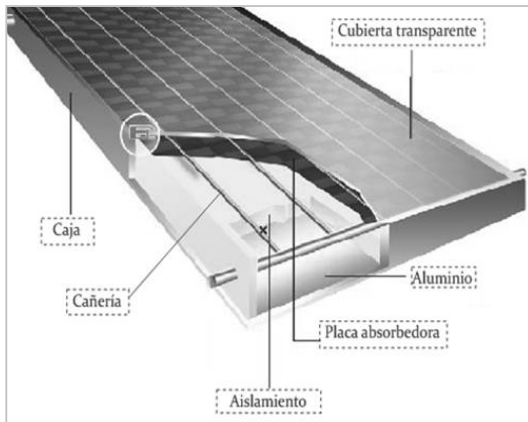


Imagen 5: Componentes del Prototipo 2.

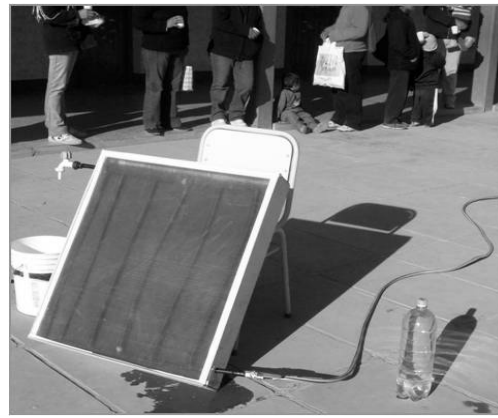


Imagen 6: Prototipo 2 construido.

- Construcción de los Prototipos:

Prototipo 1

Este prototipo se construye junto con alumnos y docentes de Taller III de la Escuela de Agricultura y Sacarotecnia de la Universidad Nacional de Tucumán. (Imágenes 7, 8, 9 y 10). Tampoco, se han encontrado antecedentes en relación al uso de determinados materiales para su ejecución (p.ej.: tablero de fibra de densidad media -MDF-).

La caja es de chapa galvanizada; sobre su base, se coloca el aislamiento de poliestireno expandido, luego una poliespuma y una chapa de color negro mate como absorbedor; por último, se agrega la parrilla de cañerías de polipropileno y una cubierta de vidrio doble. El borde superior de la caja lleva un pirómetro para el registro de las temperaturas en el interior de la caja. Los tanques para acumulación del agua caliente son de plástico. Las cañerías exteriores de vinculación son de polietileno.

El carrito es de tubos estructurales cuadrados y redondos y a él se fijan los distintos componentes del sistema; cuenta con ruedas apropiadas para el su traslado fácil y con poco esfuerzo, lo cual colabora en la tarea de difusión y capacitación; también, facilita la reorientación del panel según latitud y horario. Asimismo, organiza los diferentes elementos permitiendo la fácil percepción y comprensión del dispositivo.



Imágenes 7, 8, 9 y 10: Prototipo 1 en construcción.

Prototipo 2

El dispositivo se construye con herramientas sencillas y a partir de pocos materiales y de gran disponibilidad en nuestro medio (Figura 11).



Imagen 11: Herramientas y Materiales necesarias para ejecución del Prototipo 2.

En primer lugar, se procede a la confección de la caja utilizando una plancha de MDF cortada en piezas de distintas dimensiones que luego son encoladas y clavadas. Las piezas correspondientes a los laterales llevan perforaciones para el paso de las cañerías, el borde superior cuenta con un pirómetro, mientras que el inferior se fija mediante bisagras tipo libro para permitir abrirla con el objeto de observar las diferentes capas sucesivas que conforman el sistema.

Dicha caja se reviste interiormente con materiales aislantes (poliestireno expandido) para evitar las pérdidas de calor. Sobre éstos se ubica una capa de poliespuma. Luego, se coloca una chapa pintada de negro mate, lo cual permite absorber el calor que ingresa a la caja y a alcanzar mayor temperatura interior.

Se realiza el armado de la parrilla de cañerías utilizando caños de polietileno negro (el uso de este tipo de cañerías ha sido desarrollado por investigadores de la FAU- UNLP - San Juan, G. et al. 2008-) y conectores especiales. Esta parrilla se apoya sobre la placa absorbidora sin fijaciones a ella debido a cuestiones constructivas ya que no se hallan en el mercado elementos que permitan la unión entre estos 2 componentes de materiales diferentes; las fijaciones se encuentran en los laterales de la caja y permiten mantener en posición la parrilla para el contacto con la placa absorbidora.

Una vez incorporados los elementos al contenedor, se cierra con burletes de goma (p. ej.: recuperados del baúl de un auto) y una lámina de policarbonato alveolar.

Las uniones de la caja se sellan de forma tal de alcanzar la mayor hermeticidad posible. (Imágenes 12 y 13)



Imágenes 12 y 13: Proceso de construcción del prototipo 2.

3) Experimentación:

Superada la etapa descrita, el Prototipo 2 fue trasladado desde el taller hacia el campo de experimentación (Imagen 14).

Se instaló un pirómetro en la caja del panel solar para la medición de la temperatura del aire en su interior y con un termómetro digital se tomaron los datos de temperatura del aire exterior. Los valores de radiación se estimaron y obtuvieron a través del Programa RadSol-V01 (Negrete, J. 1999) debido a la imposibilidad de contar con valores en forma instantánea ya que no se cuenta con instrumental para tal fin y tampoco de servicios de información que posibiliten disponer de dichos datos.

En relación a la transferencia de calor de la placa absorbidora a la parrilla de tubos, es de mencionar que si bien la función de esta chapa es absorber, conducir y radiar el calor a los tubos, cabe aclarar que en este tipo de sistema la transferencia de calor se da sobre todo por radiación en forma inmediata y uniformemente distribuida hacia los tubos.

Por otro lado, en cuanto a la elección de colocar la placa absorbidora o no, se optó por hacerlo presuponiendo que existirá un mayor aprovechamiento del calor recibido ya que: a) si bien al aumentar la temperatura interior podría decirse que aumentarían las pérdidas hacia el ambiente exterior, el porcentaje de pérdida tendería a aumentar pero no alcanzaría un valor significativo debido a que las diferencias de temperatura serían muy pequeñas y porque, además, con ella o sin ella serían casi las mismas, y b) al existir una mayor temperatura de la placa absorbidora entonces hay un mayor salto entálpico entre la

temperatura interior del colector y la del agua. Pero, estas consideraciones serán luego corroboradas en un estudio posterior que valide las mismas.

En los ensayos se obtuvieron temperaturas del agua del grifo de salida que llegaron a alcanzar los 60°C y 70°C con cielo descubierto a las 13 hs. para una radiación solar promedio de 5 KW (considerándose un coeficiente por bruma debido a la quema proveniente de cañaverales), mientras la temperatura del ambiente era de 21°C y 25°C (en el mes de Agosto), respectivamente.



Imagen 14: Experimentación del Prototipo 2 en "campo".

En cuanto al Prototipo 1, aún no ha sido ensayado ya que se encuentra en ejecución.

4) Evaluación y Monitoreo:

La evaluación técnica del Prototipo 2 en campo, pudo corroborar su eficaz funcionamiento. En períodos breves de tiempo, el dispositivo elevó notablemente la temperatura del agua sobrepasando los niveles requeridos, por ejemplo, para la higiene personal (45°C - 55 °C).

Es importante destacar que la evaluación se llevó a cabo durante meses de invierno, por lo que se estima la potenciación de su rendimiento en los meses con valores más elevados de radiación solar.

En lo que respecta a la evaluación en relación a la vida útil de estos prototipos de bajo costo y a su ecuación económica final, puede decirse que existe un gran porcentaje de familias destinatarias que no cuentan con sistemas de provisión de agua caliente ni con recursos económicos propios suficientes para la adopción de sistemas más costosos ni para el pago de energía a base de combustibles convencionales (p. ej.: gas natural, GLP o leña) por lo que estas consideraciones ya justifican su utilización.

Además, si los mismos se comparan con uno de los sistemas más utilizados por el sector social en cuestión para calentar agua: el termotanque a leña (cuyo costo es de \$ 600 y el del combustible para un mes de abastecimiento es de \$ 100 a \$ 150; según datos recogidos en las zonas de trabajo), se observa que: a) el costo del Prototipo 1 (\$ 1600) es algo más del doble que el de este sistema, b) el Prototipo 2 (\$ 850) cuesta sólo un poco más, y c) ambos no involucran el pago de combustible para su funcionamiento. Estos datos permiten afirmar las ventajas económicas que presentan los mismos.

Por otro lado, para una evaluación más globalizadora y ajustada de los mismos, a esta dimensión económica deben sumarse y considerarse las dimensiones ecológica y sanitaria; en relación a ello cabe decir, que el sistema permite la reducción del uso de biomasa como fuente energética y la disminución de los gases de efecto invernadero (entre ellos el CO₂) y el mejoramiento de las condiciones para la higiene personal y de enseres. Esto redundará, en consecuencia, en el cuidado del ambiente y en la salud y la productividad de las personas, respectivamente, y, por consiguiente, en su calidad de vida.

Los aspectos que aquí han sido considerados se explicarán luego en un trabajo más específico y profundo.

5) Transferencia:

La siguiente etapa consistió en la difusión y la transmisión de las propuestas tecnológicas y socio-pedagógicas desarrolladas. En esta instancia, se consideró pertinente abordar, entre otros, los temas estrechamente relacionados con:

- la problemática en cuestión,
- el cuidado del medio ambiente
- las energías alternativas
- la promoción de la salud
- el uso eficiente de los recursos locales,
- el calentamiento solar de agua, sus ventajas y características
- la descripción y funcionamiento de los dispositivos producidos
- su proceso de construcción,
- su funcionamiento
- el manejo de instrumental.

Se adoptó el Taller como herramientas socio-pedagógicas (Imágenes 15, 16, 17 y 18) para la experimentación, demostración, evaluación y apropiación de lo generado (Imágenes 19 y 20).

Se emplearon diferentes técnicas y herramientas para esta etapa. A distintos niveles, se llevaron a cabo reuniones comunitarias durante las cuales se realizaron charlas formativas y muestras interactivas apuntando a lograr un alto grado de protagonismo y consecuentemente de compromiso entre los actores involucrados.

Como apoyo a estas tareas se construyeron los modelos demostrativos-experimentales que se detallaron anteriormente y se diseñaron y publicaron pósters, cartillas, folletos explicativos, audiovisuales, etc. basados en informes y artículos técnicos previamente elaborados. (Figuras 3 y 4).

Estas acciones permitieron la articulación, intercambio, complementación y racionalización de esfuerzos, recursos, etc. necesarios para la promoción del hábitat tanto el comunitario como el doméstico.

También, sirvieron como herramientas para la evaluación y monitoreo de los procesos inherentes y para su retroalimentación.



Figura 3: Cartilla técnica para la transferencia.



Figura 4: Folleto para la Difusión.



Figuras 15, 16, 17 y 18: Talleres Interactivos.



Imágenes 19 y 20: Demostraciones de funcionamiento y eficiencia del Prototipo 2.

CONCLUSIONES

Cabe mencionar que en base a las consideraciones realizadas en el Eje “Evaluación y Monitoreo”, a las estrategias utilizadas, a las experiencias en campo, a las mediciones realizadas y a las características de los productos alcanzados (eficiencia, facilidad constructiva y bajo costo), los mismos han despertado un alto grado de interés y aceptación entre las comunidades involucradas y han desarrollado un ámbito propicio para su adopción.

A lo largo de la experiencia, los estudiantes se involucraron estrechamente con la problemática energética actual, así como también con la realidad socio-económica local.

Se ha evidenciado que la investigación y sobre todo aquello que involucra el diseño, construcción, experimentación y evaluación provoca el aumento del interés de los alumnos y de quienes reciben el conocimiento.

También, es importante destacar que la metodología utilizada potencia la capacidad y habilidad de los actores involucrados (investigadores, estudiantes, pobladores, etc.) al plantearles situaciones problemáticas no previstas que deben resolver según los recursos materiales y humanos y tiempo disponibles.

Por lo tanto, el proyecto abre la oportunidad de presentar una propuesta tendiente a brindar soluciones que permitan el cumplimiento de las metas ambientales, ecológicas y sociales trazadas y la promoción de la vivienda social hacia un modelo que contemple no sólo la construcción sino también la posibilidad de auto-sostenimiento de la misma.

Por otro lado, la Ciencia y la Naturaleza ponen a disposición todos los medios necesarios para lograr una calidad de vida óptima a través del empleo de pocos materiales y mucha creatividad. Asimismo, las sociedades contemporáneas están comenzando a concientizarse sobre la problemática ambiental que aqueja a la humanidad y demandan medidas urgentes para frenar y revertir el deterioro del medio físico.

En este contexto de exigencia y urgencia de sustentabilidad, se enmarcan las ideas y acciones aquí planteadas.

REFERENCIAS

- Garzón, B.; Míguez, M., García Posse, M. G. 2008. Núcleo sanitario básico no convencional para el hábitat popular de Tucumán, Argentina. Págs. 73 - 82. TECBAHIA. Vol. 22; N° 1-3. CEPED. ISSN 0104 - 3285.
- Garzón, B. 2004. Hábitat Popular. Calidad de Vida: Teoría y Práctica. Depósito Ley de Derechos de Autor. Formulario N° 72801.
- San Juan, G. et al. 2008. “Calentador Solar de Agua”. UNLP. ISBN 978-34-0484-3.
- Negrete, J. 1999. RadSol-V01.

ABSTRACT: The objectives are: a) to promote the quality of life of the low-income population, and in general, through the development and dissemination strategies and devices that leverage the solar energy; b) to demonstrate its convenience and efficiency for water heating; c) to give tools to the sector for the comfort, hygiene and environmental care requirements; d) promote the development of human resources committed to the social and ecological reality; and e) to provide alternative solutions in the field of Habitat. The actions and products are developed into 5 axes: a) Research on the design and promotion systems for solar water heating; b) Development of 2 Didactic Prototype; c) Experimentation: the Prototype 2 was evaluated but the Prototype 1 is until under construction; d) Evaluation and Monitoring; and e) Transfer: in rural areas. The evaluation could corroborate: a) the effective functioning of the Prototype 2: in shorter periods rose the water temperature between 60° and 70° C exceeding the levels required for personal hygiene (45- 55°C); b) the low-cost of the both prototypes in relationship to a conventional system (heating water with firewood).

Key words: Water solar heating; Sustainable habitat; Strategies and tools for its promotion and transfer.