

## CONSTRUCCIÓN DE UN CONCENTRADOR SOLAR PARABÓLICO DE BAJO COSTO CON REFLECTOR PASIVO DE ENLACE DE INTERNET Y ESPEJOS

J. Carletto<sup>1</sup>, M. Bergoglio<sup>2</sup>, D. Savarino<sup>3</sup>, C. Medaglia<sup>4</sup>, L. Rodrigo<sup>5</sup>, L. Paz<sup>6</sup>, V. Rodrigo<sup>7</sup>  
Laboratorio de Energías Alternativas – Universidad Nacional de San Luis  
Facultad de Ingeniería y Ciencias Económico Sociales  
Avda. 25 de Mayo 384 - 7530 - Villa Mercedes - San Luis - Argentina  
Tel - Fax: 054 2657 430980 - e-mail: omasini@fices.unsl.edu.ar

**RESUMEN:** Se presenta en este trabajo el diseño y construcción de un concentrador solar parabólico para calentamiento de agua, utilizando un reflector pasivo de una antena parabólica 2,4 Ghz - 29db en desuso y espejos. Se presentan los esquemas constructivos, los cálculos realizados y las primeras experiencias.

**Palabras Claves:** concentrador parabólico, energía solar, intercambio.

### INTRODUCCIÓN

El objetivo esencial de cualquier sistema térmico solar es captar la energía que proviene del sol para transformarla y transportarla de la manera más económica y eficaz posible. Las aplicaciones del aprovechamiento solar pueden ser directas, en forma de calor, o bien indirectas. (Paredes Velasco 2012).

Se pretende con este proyecto, lograr un concentrador solar parabólico (paraboloide de revolución) de bajo costo. El desarrollo de sistemas solares ha dependido siempre de las posibilidades de lograr un sistema técnico-económico factible. (Esteves, et. al 2010). Es por tal motivo, que se decide reciclar un viejo reflector pasivo parabólico de un enlace de 2,4 GHz, cuya superficie cóncava, se cubre con espejos de tamaño reducido, para poder seguir su curvatura.

En los concentradores de tipo paraboloide o paraboloide de fresnel y similares, la relación de concentración puede llegar a 15 o más, alcanzándose temperaturas de 300 C en el foco. (Echazú, et al. 2000). Esta alta temperatura en el foco, se podrá utilizar para calentar agua a través de un intercambiador.

Saravia y otros (1999) han propuesto utilizar para la cocción de alimentos cocinas con concentradores de 2 metros cuadrados de área y llevar acabo la cocción u horneado en una caja aislada, que se denomina “caja caliente” donde se coloca la olla, transportando el calor con barras de aluminio calentadas en el concentrador a 300 C. Este mismo esquema se propone para calentar agua para usos múltiples, aunque el área del concentrador ronda los 1,10 m<sup>2</sup>.

La energía solar térmica es cada vez más utilizada a nivel doméstico para la obtención de agua caliente sanitaria y como apoyo a la calefacción. Sin embargo esta tecnología tiene también otro enorme potencial de aprovechamiento; el sector industrial. (García, et. al 2012). Es por tal motivo, que entendemos que este desarrollo, puede ser un instrumento económico de fácil construcción, que podrá resultar de mucha a utilidad, no solo a nivel doméstico, sino también para ciertas aplicaciones en pequeñas y medianas empresas.

Se presenta en este trabajo los cálculos y esquemas constitutivos, y algunas experiencias preliminares, que lleva a inferir que en futuras pruebas los resultados serán los esperados.

### CONSTRUCCIÓN DEL CONCENTRADOR PARABOLOIDE DE REVOLUCIÓN

En principio se cuenta con un paraboloide de revolución de un reflector pasivo de 2.4 Ghz, lo que normalmente se conoce como “parrilla grillada”, con una profundidad de 190 mm y un diámetro de 1220 mm, que se muestra en las siguientes imágenes.

---

<sup>1</sup> Investigador CyT FICES UNSL

<sup>2</sup> Alumno Pasante

<sup>3</sup> Alumno Pasante

<sup>4</sup> Alumno Pasante

<sup>5</sup> Docente Investigador

<sup>6</sup> Alumno Pasante

<sup>7</sup> Investigador CyT FICES UNSL



Figura N°1: Reflector pasivo

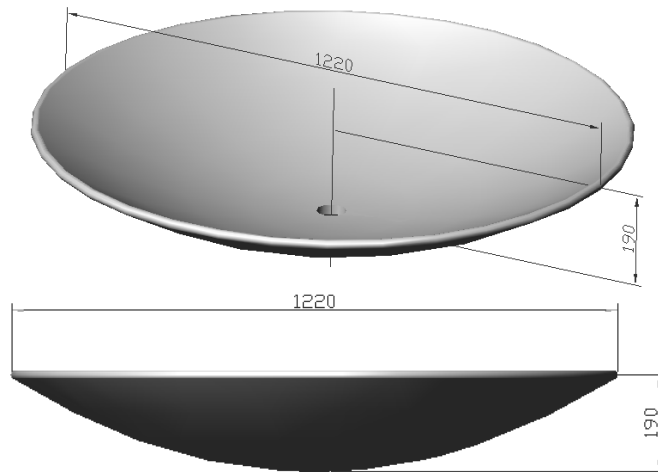


Figura N°2: Dimensiones de la parábola

Con esta estructura de aluminio, se logrará la forma adecuada para reflejar la mayor cantidad de radiación solar posible y concentrarla en el foco de la parábola para utilizarla como fuente de energía en un intercambiador de calor que se encuentra en proceso de construcción.

Para la reflexión se evalúan diversos materiales tales como, aluminio evaporado al vacío, espejo o acero pulido. Las variables consideradas en la elección del material fueron el peso, precio, factor de reflexión y disponibilidad en el mercado local. Al realizar dicha evaluación se optó por utilizar espejos los que se adaptaban a nuestros requerimientos, no obstante posee como principal inconveniente la imposibilidad mantener la curva exacta de la parábola del reflector. Para subsanar esto, se optó por la utilización de espejos con una sección cuadrada de 5 cm de lado; llegando a totalizar 453 espejos repartidos uniformemente a lo largo de la superficie del paraboloides, los cuales fueron adheridos a la parrilla con pegamentos de siliconas tal como se ilustra en las siguientes imágenes.



Figura N°3: Vista parcial del pegado de los espejos



Figura N°4: Vista parcial del pegado de los espejos

#### Diseño del soporte

El soporte sobre el que se asentará el paraboloide se encuentra en construcción. El mismo no sólo proporcionará sujeción y estabilidad al paraboloide sino que además permitirá el desplazamiento estructural del mismo para lograr el posicionamiento correcto en función de la ubicación del sol, obteniendo así la mejor captura de radiación solar, y logrando el máximo rendimiento posible del mismo.

Se consideraron diferentes diseños para la conformación del soporte cuyas diferencias radicaban en materiales y fisonomía estructural del mismo. En consecuencia, se optó por la realización de un soporte de acero, el cual dotará a la parábola de movimiento rotacional en la dirección longitudinal al mismo.

La estructura se encuentra formada por dos piezas en forma de “A” de 1,10 m de alto y 0,78 m en su parte más ancha, aproximadamente. Dichas piezas fueron construidas en perfil ángulo de  $1\frac{1}{4}'' \times 3/16''$ . A su vez estos dos cuerpos están unidos entre sí, por un perfil del mismo tipo en su parte inferior, y por una barra cilíndrica que hará las veces de eje de rotación de la parábola proporcionándole un movimiento alrededor del eje longitudinal de la estructura. Sobre éste eje se acoplará el concentrador.

Por otro lado se anexará también a los extremos superiores de las “A” dos cremalleras a modo de guía de forma semicircular, sobre los que actuará un engranaje que le otorgará un movimiento de rotación respecto a un eje imaginario vertical perpendicular al eje físico anteriormente descrito.

La pieza que se observa delante del paraboloide es una representación esquemática del intercambiador de calor que se pretende colocar sobre el mismo. El mismo estará sujeto a la propia estructura del paraboloide.

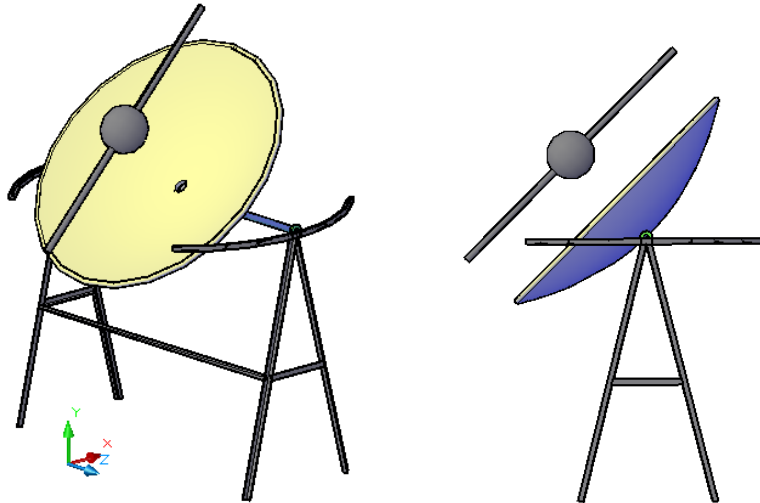


Figura N°5: Esquema del soporte

De todos modos, este soporte está en estudio y desarrollo, y se están analizando las distintas alternativas para seleccionar la que mejor se adapte a nuestros requerimientos, pensando en una automatización futura del seguimiento solar.

#### Intercambiador

Como se dijo al principio, y teniendo en cuenta las pruebas preliminares; se pretende colocar un intercambiador de calor en el foco del reflector con el fin de calentar agua. Ésta se almacenará en un tanque debidamente aislado a fin de mantener la temperatura constante el mayor tiempo posible.

El modelo del serpentín a considerar es el siguiente:



Figura N°6: Serpentín intercambiador

El cual se conectará con el reservorio se lleve a cabo con materiales flexibles y con la suficiente aislación térmica.

### CÁLCULO DE LA PARÁBOLA

#### Cálculo del área espejada

A fin de establecer cuál es la relación entre el área real de la parábola y el área espejada, se procede a realizar el cálculo correspondiente. En principio se sabe que la ecuación de un paraboloides de revolución es:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{a^2} = z \rightarrow \frac{x^2}{\frac{3721}{19}} + \frac{y^2}{\frac{3721}{19}} = z$$

De esta forma cuando  $z = 19$  cm, la ecuación queda:

$$\frac{x^2}{\frac{3721}{19}} + \frac{y^2}{\frac{3721}{19}} = 19 \rightarrow x^2 + y^2 = 3721$$

Esta última es la ecuación de una circunferencia con radio  $r = \sqrt{3721}$  cm = 61 cm.

Por otro lado tenemos:

$$\begin{aligned} \text{Área} &= \iint \left( \sqrt{1 + \left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)^2} \right) dx dy \\ \left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)^2 &= 4 \frac{x^2}{\left(\frac{3721}{19}\right)^2} \approx \left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)^2 = 4 \frac{y^2}{\left(\frac{3721}{19}\right)^2} \\ \text{Área} &= \iint \left( \sqrt{1 + 4 \frac{x^2}{\left(\frac{3721}{19}\right)^2} + 4 \frac{y^2}{\left(\frac{3721}{19}\right)^2}} \right) dx dy \end{aligned}$$

Reemplazando en coordenadas polares  $x = r * \cos\theta$ ,  $y = r * \sen\theta$ , y operando se obtiene:

$$\begin{aligned} \text{Área} &= \int_0^{2\pi} \int_0^{61} \left( \sqrt{1 + \left(\frac{38}{3721}\right)^2 r^2} * r \right) dr d\theta = \int_0^{2\pi} \left[ \frac{1}{3} * \left(\frac{3721}{38}\right)^2 * \left(1 + \left(\frac{38}{3721}\right)^2 * r^2\right)^{3/2} \right]_0^{61} d\theta \\ \text{Área} &= \int_0^{2\pi} 2030,754 d\theta = [2030,754 * \theta]_0^{2\pi} = 12759,6 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

De esta forma el área del reflector pasivo (parábola grillada) es de:

$$\text{Área}_{\text{reflector}} \approx 1,27 \text{ m}^2$$

Por otro lado, área que se obtiene con los 453 espejos es:

$$\text{Área}_{\text{cada espejo}} = 0,05^2 \text{ m}^2 = 0,0025 \text{ m}^2$$

$$\text{Área}_{\text{real}} = 453 * 0,0025 \text{ m}^2 = 1,13 \text{ m}^2$$

De esta forma, el aprovechamiento de la superficie de la parábola, expresada en forma porcentual es:

$$\frac{\text{Área}_{\text{real}}}{\text{Área}_{\text{teórica}}} = \frac{1,13 \text{ m}^2}{1,27 \text{ m}^2} * 100 = 88,7 \%$$

Lo que representa, que el 88,7 % de la parrilla original se encuentra cubierta por espejos, lo que se debe no solo a la falta de espejos en el centro y bordes de la parrilla, sino también debido a que los espejos no siguen la curvatura de la parábola.

#### *Cálculo del foco*

Se realizó un cálculo de la distancia a la cual se encuentra el foco de la parábola, lugar en el cual se deberá ubicar el intercambiador. El mismo será el punto en el cual se concentre la radiación solar reflejada en la superficie de la parábola.

La ecuación que corresponde a una parábola centrada en el origen con sus brazos orientados hacia el eje positivo de las ordenadas es de la forma:

$$x^2 = 4 * b * z$$

Siendo “b” la distancia que existen entre el vértice de la parábola y el foco. Por lo tanto despejando queda:

$$b = \frac{x^2}{4 * y}$$

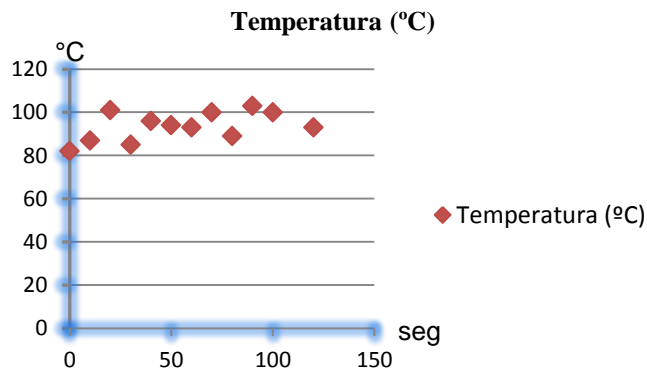
Finalmente, si se reemplaza el punto P con coordenadas  $(\frac{1220}{2}; 190)$ , la distancia focal queda:

$$b = \frac{(\frac{1220}{2})^2}{4 * 190} = 489.6 \text{ mm} \approx 49 \text{ cm}$$

Por lo que el intercambiador se deberá colocar a 49 cm de vértice de la parábola.

#### **PRIMERAS PRUEBAS**

Se realizaron pruebas preliminares para ensayar el funcionamiento, utilizando el concentrador en un día de buena radiación. Al calentar agua en un recipiente metálico de aproximadamente 200cc, la temperatura a lo largo del procedimiento fluctuó entre 82 °C y 103 °C, entregando así el siguiente diagrama de dispersión:



*Figura N°7: Prueba de valores de temperatura obtenidas en el foco.*

Las variables fueron medidas y registradas cada diez segundos mediante un termómetro infrarrojo de alta sensibilidad. Se alcanzó un estado estacionario para los puntos evaluados después de aproximadamente 5 minutos de operación. Por otro lado, en la misma prueba se logró alcanzar suficiente temperatura para quemar papel tras un tiempo de exposición aproximado de 2 minutos, además de producir la deformación de distintos objetos de cauchos que fueron ubicados en el foco.



*Figura N°8: quema de papel y deformación de caucho.*

## **CONCLUSIONES:**

Se desarrolló un concentrador paraboloide, reciclando un antiguo reflector pasivo de un enlace de internet al cual se le adhirieron espejos. El mismo es de simple construcción y económico. Se realizó un soporte simple, para realizar las primeras pruebas, las cuales arrojaron resultados altamente satisfactorios. Se deberá continuar con el desarrollo del soporte y del intercambiador, y analizar la posibilidad de la construcción de un seguidor solar automático el cual será de sumo interés para este tipo de desarrollo.

## **REFERENCIAS**

- Alfredo E., Quiroga V., Buenanueva F, y Orduna D. (2010) Estudio de la potencia de cocción en concentradores solares de distinto tipo - Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente - Vol. 14, ISSN 0329-5184
- Echazú R., Cadena C. y Saravia L. (2000) Estudio de materiales reflectivos para concentradores solares - ASADES 2000
- García-Valladares O., Santos-González I., Gómez V.H., Ortega N., R. Best. (2012) Evaluación experimental de un concentrador parabólico compuesto para aplicaciones de baja y mediana temperatura. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 16, 2012. Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184
- Paredes V. (2012) Diseño de captador solar cilíndrico parabólico para aplicaciones rurales en Paraguay.
- Saravia L., Cadena C., Caso R., Fernández C. (2001) El diseño de concentradores reflectores de tipo fresnel destinados a cocinas solares. Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 9, pp 57-65.

## **ABSTRACT**

This paper presents the design and construction of a parabolic solar concentrator for water heating using a passive reflector dish antenna 2.4 Ghz - 29dB into disuse and mirrors.

We present constructive schemes, calculations and early experiences.

**Keywords:** parabolic concentrator, solar energy exchange.