

DESTILADOR MULTJETAPA

Judith_Franco, Luis R. Saravia, Sonia Esteban

Instituto de Investigación en Energías No Convencionales , INENCO, Universidad Nacional de Salta – CONICET- Calle Buenos Aires 177, Salta - 4400 - Argentina, E-mail: francoj@unsa.edu.ar

RESUMEN: En este trabajo se propone un nuevo diseño para un destilador multiefecto pasivo atmosférico. Para ello se utilizan superficies de vidrio con una inclinación de 4° , colocadas una sobre otra en una caja aislada. El agua salada fluye por cada superficie, cayendo de una etapa a la próxima por gravedad y alcanzando finalmente una bandeja inferior, la cual es calentada mediante un simple colector solar de 1.3 m^2 con un concentrador reflector tipo Fresnel. Los vapores condensan debajo de cada superficie y producen la evaporación del agua en la cara superior de la misma. El calor es transportado al destilador usando placas de aluminio de 4 kg, colocadas en el absorbedor y calentadas a una temperatura de 400°C ; que son reemplazadas cuando su temperatura cae a 180°C . Se han realizados experimentos con un prototipo y los resultados son discutidos y comparados con los valores obtenidos con otro calentado eléctricamente.

INTRODUCCIÓN

En la Argentina, como en casi todas las ciudades del mundo, el agua es una prioridad, ya que esta se encuentra contaminada naturalmente con sales.

Los destiladores solares pasivos pueden ser una solución en áreas rurales aisladas para pequeños grupos de personas. Los sistemas más simples son los destiladores tipo batea, que tienen una producción diaria de 4 litros por metro cuadrado, aproximadamente; estas producciones son muy bajas. El uso de destiladores multietapa pasivos puede ser una alternativa, si se dispone de un diseño simple y de bajo costo. En trabajos anteriores se ha propuesto el uso de un destilador con una disposición vertical de las etapas (1). Cada una de las etapas hechas de acero inoxidable con una inclinación de 30° , se encuentra cubierta con telas de algodón para mejorar la distribución del agua. El agua contaminada que alimenta el equipo es suministrada en la etapa superior, se distribuye en la superficie y cae por gravedad desde una etapa a la siguiente hasta alcanzar una bandeja en la posición inferior. El agua de la bandeja es calentada y el vapor producido condensa en la etapa siguiente. Este proceso se repite en cada etapa.

En un trabajo reciente, realizado con destiladores tipo batea (2), se ha encontrado que se pueden usar muy pequeñas inclinaciones, aproximadamente 4° . Una muy delgada película de agua se produce en la superficie de condensación cuando el vidrio se limpia cuidadosamente con amoníaco.

En este trabajo se propone el uso de superficies de vidrio de pequeña inclinación, en los destiladores multietapa, reduciendo considerablemente el tamaño de cada una de las etapas y permitiendo la eliminación de las telas de algodón, que siempre constituyen un problema de mantenimiento.

NUEVO SISTEMA DE DESTILACIÓN Y ARREGLO EXPERIMENTAL

El destilador consiste de una caja rectangular ($50 \text{ cm} \times 50 \text{ cm} \times 36 \text{ cm}$) construido íntegramente con vidrio y aislado externamente con poliestireno expandido, de 5 cm de espesor. La bandeja inferior está construida de acero inoxidable, ya que es en ésta donde se alcanzan las temperaturas más altas. Se usan cinco etapas de vidrio con una inclinación de 4° , como se muestra en la fig. 1

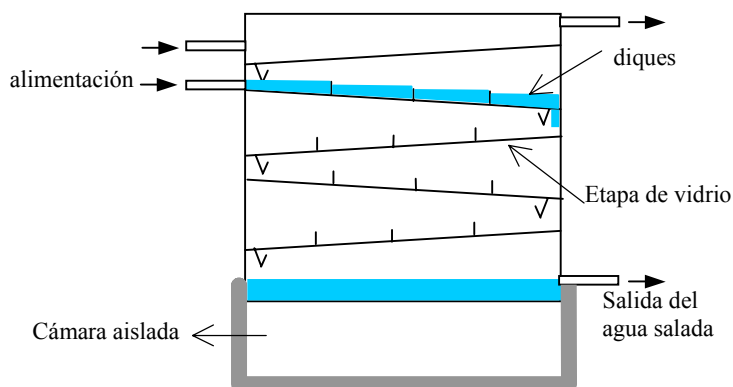


Fig. 1. Sección transversal del destilador.

El agua salada fría es suministrada desde arriba y cae de una etapa a la próxima por gravedad hasta alcanzar la bandeja, la cual es calentada desde la parte inferior. El exceso de agua, con alto contenido de sal, es eliminado del sistema en la bandeja. En la parte superior de cada superficie de vidrio las telas son sustituidas por pequeños diques de vidrio de 1 cm de alto y puestos como lo muestra la fig.1. El agua que es suministrada por la parte superior de cada dique, forman pequeños lagos con una profundidad promedio de 0.5 cm que llegan a cubrir la totalidad de la superficie ya que la inclinación es muy baja; se necesita así una muy pequeña cantidad de agua para cubrir la superficie.

La bandeja inferior es calentada con cuatro placas de aluminio cuyas dimensiones son $(27.5 \times 27.5 \times 2) \text{ cm}^3$, colocadas en una cámara aislada.

CALENTADOR SOLAR

El destilador multietapa trabaja con buena producción si la temperatura de la bandeja es tan alta como la alcanzada en un destilador tipo batea, típicamente alrededor de $90 \text{ }^\circ\text{C}$, en un prototipo de inclinación mayor se utiliza madera como sistema de calentamiento. En este nuevo y simple colector solar de 1.3 m^2 se usa un concentrador reflector tipo fresnel.

El colector está separado del destilador y el calor es transportado desde una unidad a otra usando placas de aluminio de 4 Kg, que son colocadas en el absorbedor y calentados, hasta alcanzar temperaturas del orden de $400 \text{ }^\circ\text{C}$. Las placas son luego introducidas en una caja aislada térmicamente, debajo de la bandeja. Se usan cuatro placas que son reemplazadas periódicamente. Varias placas pueden ser calentadas si se construyera un colector más grande permitiendo así el uso del destilador durante las horas de la noche, mejorando la productividad diaria.

El concentrador reflector es tipo Fresnel. Está construido con pequeños conos truncados colocados concéntricamente arriba de un plano. Cada uno de estos conos está fabricado con una lámina de aluminio altamente reflectora.

El reflector es colocado en un montaje ecuatorial de manera que un simple eje se mueve durante el día. Un segundo eje normal al primero, es ajustado cada dos semanas de manera que siga la declinación del sol a lo largo del año. La fig. 2 muestra una fotografía de un concentrador prototipo y de una de las placas.



Fig. 2: Fotografía del concentrador y una de las placas

Esta disposición presenta varias ventajas:

1. Los conos son contruidos a partir de láminas de una forma muy simple en comparación con otras formas, como la parabólica.
2. El espejo es plano simplificando su transporte.
3. Entre un cono y otro existen ranuras que permiten un mejor control de las presiones producidas por los vientos fuertes.

Dos ejes son colocados en el centro del espejo, donde la radiación incidente es bloqueada por el absorbedor. Una columna de acero asegurada al piso soporta la estructura del espejo. El ángulo del eje ecuatorial y el piso, puede ser ajustado y debiera ser igual a la latitud del lugar donde se use el concentrador.

La parte posterior de las placas de aluminio que almacenan el calor son aisladas con una cubierta cerámica de baja densidad y alta temperatura. Un vidrio de 0.3x0.3 m2 fijo a la estructura protege el frente de la placa y disminuye las pérdidas de calor.

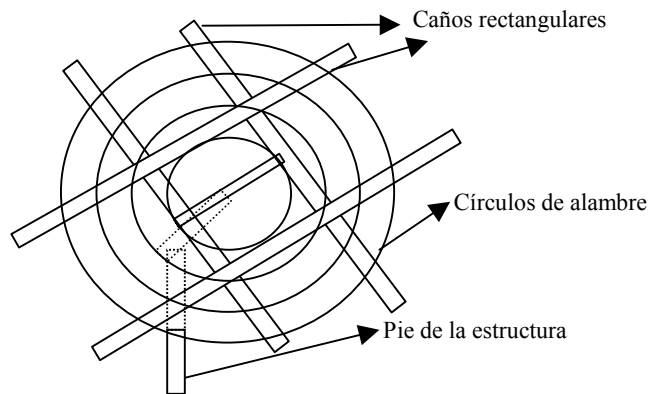


Fig. 3. Vista superior de la estructura del espejo

Para construir la estructura plana de los espejos se usan tubos de acero soldados a una sección rectangular. Círculos de alambres de hierro cuyos diámetros son iguales a los diámetros internos de los conos, se encuentran fijos a la estructura. Los cortes de cono están sujetos a los círculos de alambres, como se muestra en la fig. 4 y adoptan una forma cónica con el ángulo necesario para concentrar la radiación en el absorbedor colocado a 76 cm de una superficie plana. El diámetro externo de todo el espejo es de 1.5 m y la superficie reflectante efectiva mide 1.3 m². Se utilizan láminas de aluminio de 0.5 mm de espesor con una reflectividad de 0.86 para construir los reflectores.

RESULTADOS EXPERIMENTALES

Las medidas experimentales fueron llevadas a cabo calentando cada placa con un calentador eléctrico a aproximadamente 450 °C para obtener condiciones de uniformidad, que permitan la comparación de los resultados obtenidos a distintas horas. Las placas son reemplazadas cada hora y media. Las temperaturas internas del destilador se midieron cada cinco minutos con pequeños termistores conectados a la computadora. La temperatura medida en la bandeja inferior, no es la temperatura real del agua ya que el termistor fue puesto en contacto con la base metálica de la bandeja y esta temperatura es ligeramente superior a aquella.

Las temperaturas de las placas se midieron con termocuplas tipo K colocadas dentro de un pequeño hueco realizado en el centro de las mismas. Las figs. 4.a y 4.b muestran las temperaturas de las bandejas inferior y superior y de las placas para dos diferentes días.

La curva superior con forma de sierra es la temperatura de la placa, las líneas verticales indican cuando fueron cambiadas. La curva intermedia es la temperatura de la bandeja inferior y la última es la temperatura del agua de la bandeja superior la cual es mantenida a temperatura ambiente.

Lleva casi tres horas alcanzar la temperatura de operación de 95 °C. Cuando esta temperatura se alcanza es necesario colocar una pantalla de aluminio entre las placas y la bandeja para disminuir la transferencia de calor y mantener la temperatura constante. Este comportamiento puede observarse en la fig. 4.a entre las 13:00 y 15:00 hs y en la 4.b. entre las 12:30 y 15:00 hs, lleva más tiempo alcanzar la temperatura de operación antes del intercambio de las placas.

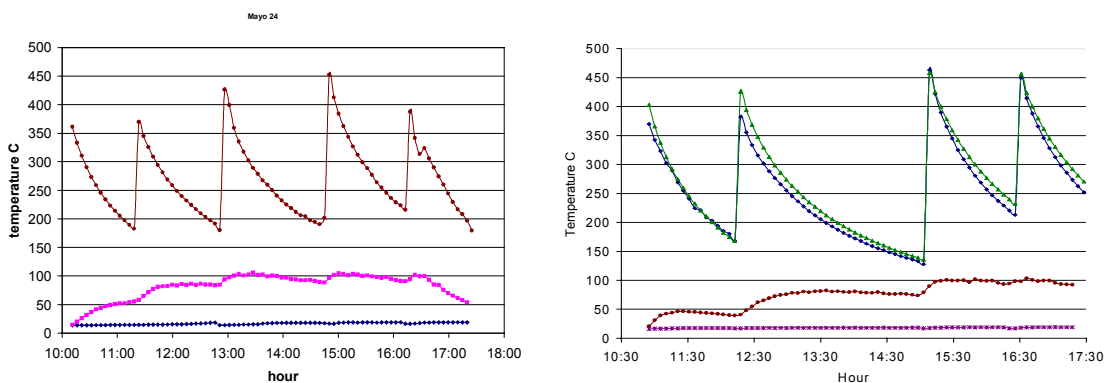


Fig. 4-a y 4-b: Temperaturas de la bandeja y las placas durante intervalos de horas para dos días diferentes.

La producción de agua destilada es obtenida manualmente. La mejor producción obtenida es 1.8 lt/hs a 96°C. El cociente r_p , da la relación entre el calor necesario para evaporar el agua y el consumo de energía. Este fue calculado de manera experimental. Los resultados se muestran en la fig. 5. La cantidad de calor es calculado como:

$$R_p = Q_{\text{destilado}} / Q_{\text{placas}}$$

$$Q_{\text{destilado}} = m_d \lambda$$

$$m_d = \text{masa de agua destilada}$$

$$\lambda = 2.4 \frac{\text{MJ}}{\text{Kg}}$$

$$Q_{\text{placas}} = 4mC_{ps}\Delta T$$

$$m = \text{masa de placas} = 4\text{kg}$$

$$C_{ps} = 945 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{K}}$$

$$\Delta T = T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}}$$

La tabla 1, muestra los distintos parámetros utilizados para el cálculo de r_p , ellos se obtuvieron en diferentes días.

| ΔT (C) | Q_{placas} (MJ) | m_d (kg) | $Q_{\text{destilado}}$ (MJ) | r_p | T_{promedio} |
|----------------|--------------------------|------------|-----------------------------|-------|-----------------------|
| 236 | 3.57 | 2,25 | 5.40 | 1,51 | 97 |
| 236 | 3.57 | 1,8 | 4.32 | 1,21 | 97 |
| 245 | 3.70 | 1,85 | 4.44 | 1,20 | 98 |
| 185 | 2.80 | 1,35 | 3.24 | 1,16 | 97 |
| 209 | 3.16 | 2,7 | 6.48 | 2,05 | 96 |

Tabla 1: Distintos valores de r

En trabajos previos (1), se han obtenido valores de r_p de alrededor de 2.7 para el mismo destilador calentado eléctricamente o con gas natural. Este valor no considera las pérdidas en la caja aislada. El pequeño valor de r_p medido ahora indica que algunas pérdidas de vapor en la cámara aislada inferior están ocurriendo.

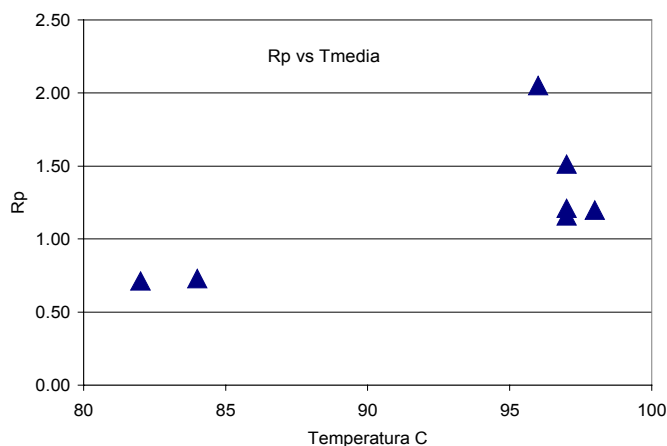


Fig 5: r_p vs temperatura promedio de la bandeja inferior

CONCLUSIONES

El nuevo destilador es más compacto y los problemas de mantenimiento son mínimos ya que está completamente construido con vidrio, el suministro de agua salada es en un punto simple. El destilador comienza a destilar muy rápidamente a comienzos del día ya que su inercia térmica es muy baja, debido a la pequeña cantidad de agua en cada etapa y en la bandeja.

La productividad del destilador, alrededor de 1.8 Kg/h a temperaturas altas, es buena. Valores de r_p menores que 2 indican que las pérdidas de calor en el cámara aislada deben ser mejor controlada. Los experimentos han mostrado que las placas de aluminio son muy pesadas para un fácil mantenimiento a alta temperaturas durante largos intervalos de tiempo. Un nuevo diseño de placas está siendo considerado para resolver el problema.

AGRADECIMIENTOS : Los autores aprecian la colaboración de R. Caso y C. Fernandez de la UNSa en la construcción del prototipo.

REFERENCIAS

- (1) Franco, J., Saravia, L., Nuevo diseño para un destilador pasivo multietapa atmosférico, Energías Renovables, Vol. 4, N° 1, pp 119- 122, 1994.
- (2) Franco, J., Destilador De Baja Pendiente, Avances en Energía Renovables y Medio Ambiente Vol 1, No. 1, pp. 65-68, 1997.