

## PRODUCCIÓN DE UN DESTILADOR MULTITAPPA

Esteban E, Franco J, Ovejero A, Saravia L., Fernández C.  
 INENCO, Instituto de Investigación en Energías No Convencionales  
 Universidad Nacional de Salta – CONICET-  
 Calle Buenos Aires 177, Salta - 4400 - Argentina,  
 E-mail: estebans@unsa.edu.ar

**RESUMEN:** este trabajo tiene como objetivo analizar la producción de un destilador multitapa, con un sistema nuevo de calentamiento y comparar las temperaturas de trabajo obtenidas con distintos valores de cantidad de vapor ingresado. Se ha realizado algunos ensayos con un prototipo y la discusión de los resultados obtenidos permite proponer un nuevo dimensionamiento del equipo.

**Palabras Claves:** destilador multitapa, producción de agua, sistema de calentamiento

### INTRODUCCIÓN

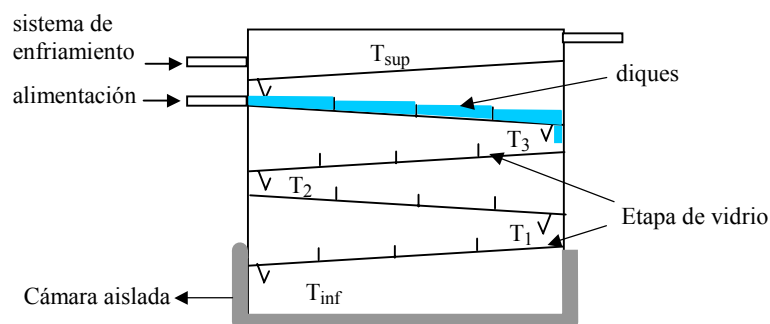
En trabajos anteriores se han presentado varios mecanismos que utilizan en forma indirecta la energía solar para el calentamiento de la bandeja inferior de un destilador multitapa, se ha trabajado por ejemplo con placas de aluminio rectangulares (Franco *et al.* 1999), las cuales almacenan la energía solar como energía térmica para transmitirla luego al destilador. Si bien los resultados muestran que es posible utilizar estas placas como sistema de calentamiento, su manipulación resulta complicada puesto que las placas alcanzan temperaturas de hasta 450°C. En otro trabajo (Franco *et al.* 2000) se describe cómo con dos sistemas de vaporizadores, que usan concentradores solares tipo Fresnel y trabajan en paralelo es posible alcanzar temperaturas de trabajo de hasta 90 °C con este sistema de calentamiento solar se observó que la producción no alcanza los valores esperados debido a las variaciones de temperaturas producidas en el equipo de destilación por variaciones momentáneas de la radiación solar sobre los concentradores.

El transporte de calor hacia la bandeja inferior se realiza por medio de una cañería flexible, (Saravia, *et al.* 2002). En los vaporizadores que usan los concentradores solares tipo fresnel, dado que la capacidad del vaporizador es de 2lt y este se consume en 1 hora, la producción de vapor del mismo es aproximadamente 2lt/h.

En este trabajo se analizan las temperaturas de trabajo alcanzadas y las producciones obtenidas con caudales de vapor ingresado al destilador de aproximadamente 810 ml / h y 500 ml / h, de aquí en adelante  $L_1$  y  $L_2$ , respectivamente. En los ensayos de laboratorio el calentamiento del sistema de vaporización es a gas.

### ARREGLO EXPERIMENTAL

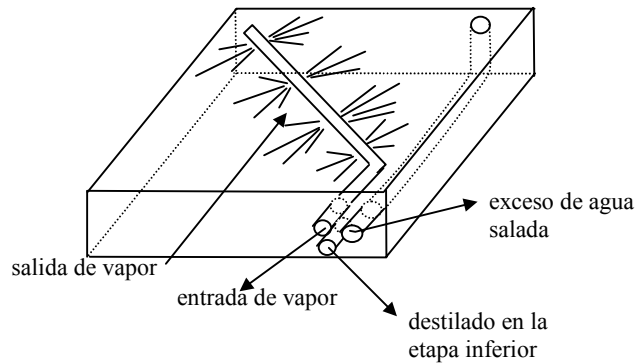
La descripción del equipo de destilación se encuentra en (Franco *et al.* 1999, 2000), consiste de una caja rectangular (50cm x 50 cm x 36 cm) construido íntegramente en vidrio. Se usan cinco etapas con una inclinación de 4°. En trabajos anteriores se ha variado la forma de calentamiento de la bandeja inferior que es la encargada principal de establecer la temperatura de trabajo del equipo. En el último trabajo que utiliza dos vaporizadores, el calentamiento del agua de la bandeja inferior es por medio de un serpentín, realizado en caños de cobre, por el que circula el vapor proveniente de los vaporizadores.



**Fig 1:** Esquema del destilador y ubicación de los sensores de temperaturas.

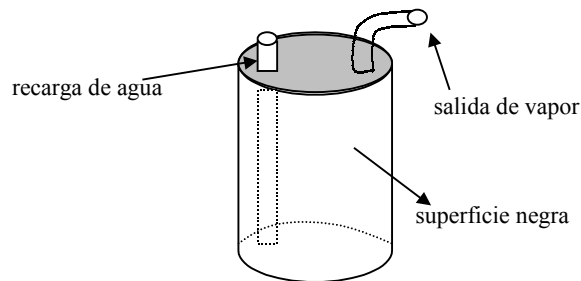
Para medir la cantidad de vapor ingresado al sistema, éste se condensa dentro de un intercambiador de calor y se mide manualmente la producción de condensado, en un determinado tiempo.

En este trabajo el vapor ingresa directamente a la bandeja inferior a través de un tubo de cobre de 0.9 cm de diámetro al que se le han realizado pequeños orificios por el cual escapa el vapor, fig 2. De esta manera el destilado producido en la primera etapa se debe exclusivamente al vapor ingresado desde los vaporizadores



**Fig. 2:** Esquema del sistema vaporizador en la bandeja inferior.

El sistema de vaporización consiste de un recipiente cilíndrico cuya capacidad es de 2,25 lt , fig. 3, con un pequeño orificio en la parte superior del mismo por donde sale el vapor; y otro que permite la recarga de agua. La salida de vapor es a rosca permitiendo el uso de cañerías de alta presión. En los ensayos efectuados la recarga de agua se ha realizado cada 1:30 hs.

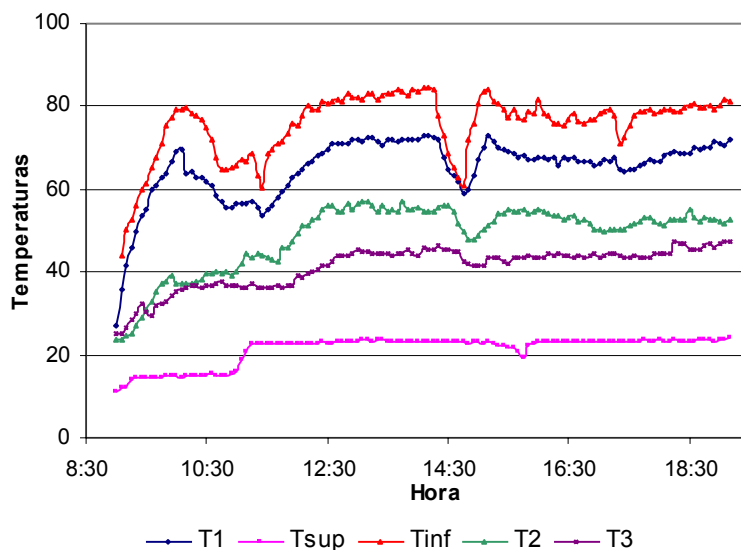


**Fig. 3:** Esquema del vaporizador

**RESULTADOS EXPERIMENTALES**

Se han realizado distintos ensayos en los cuales se ha variado la cantidad de vapor ( $L_1 = 810 \text{ ml/h}$ ,  $L_2 = 500 \text{ ml/h}$  ) ingresado al destilador.

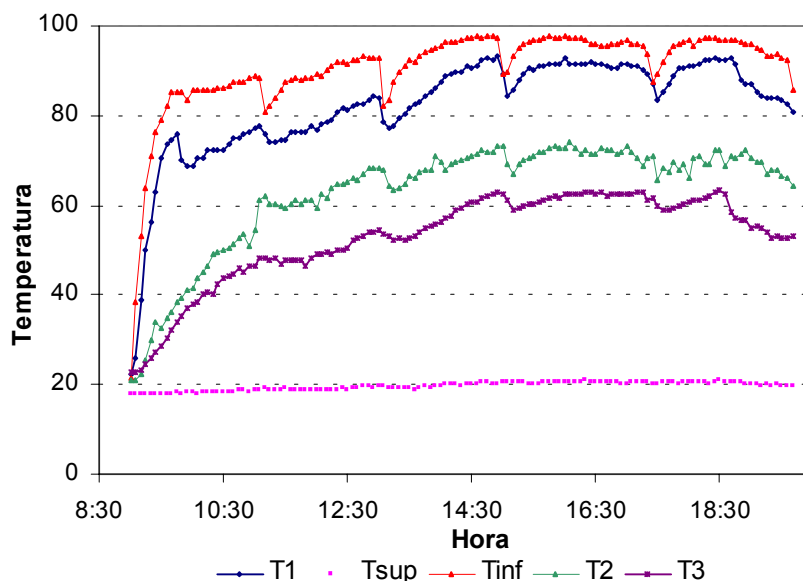
Las figuras 4 y 5 muestran las temperaturas en las distintas etapas del destilador, correspondiente a un ingreso de vapor de 500 ml/h y 810 ml/h, respectivamente. Estas temperaturas se han medido cada cinco minutos, con pequeños termistores conectados a una computadora.



**Fig. 4:** Temperaturas en las distintas etapas del destilador, para un ingreso de vapor de 500 ml/h

La temperatura de trabajo alcanzada en la bandeja inferior, es de aproximadamente 80°C, para un ingreso de vapor de 500 ml/h, mientras que para 810 ml/h es de prácticamente 100 °C. El salto de temperatura entre la bandeja fría y caliente es de 60°C y 80 °C, respectivamente.

En estas gráficas (4 y 5) puede observarse las discontinuidades correspondientes a la recarga de agua en el vaporizador. Estas se deben a que lleva 10 minutos producir nuevamente vapor.



**Fig. 5:** Temperaturas en las distintas etapas del destilador, para un ingreso de vapor de 810 ml/h

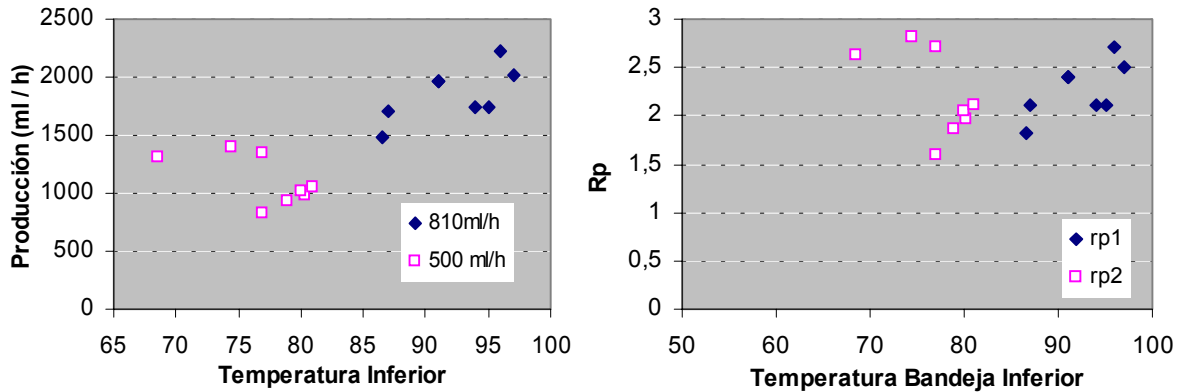
La diferencia de temperatura en la bandeja inferior ( $T_{inf}$ ) para los distintos caudales de vapor  $L_1$  y  $L_2$  se mantiene prácticamente en 20 °C, figs. 4 y 5.

La tabla 1 muestra las producciones horarias obtenidas y el factor de operación,  $R_p$ , definido como el cociente entre el calor necesario para evaporar el agua producida y el consumo de energía utilizado; a distintas temperaturas de trabajo, para ambos casos. En la misma se puede ver que para un ingreso de vapor  $L_1$  (810 ml/h), a una temperatura de trabajo de 96°C - 97°C se obtiene una producción máxima de 2010 ml / h y 2220 ml / h y para un ingreso  $L_2$  (500 ml/h), la máxima producción de 1350 ml / h – 1400 ml / h se obtiene cuando la temperatura de trabajo se encuentra entre 80 °C y 93 °C.

$L_1$			$L_2$		
$T_{inf}$	$P_{Total}$ (ml/h)	$R_p$	$T_{inf}$	$P_{Total}$ (ml/h)	$R_p$
86,6	1480	1,83	68,5	1315	2,63
87	1712	2,1	80,3	980	1,96
91	1967	2,4	74,4	1405	2,81
91	1967	2,4	80	1020	2,04
97	2010	2,5	77	1350	2,7
95	1740	2,1	77	820	1,6
96	2220	2,7	79	930	1,86
94	1745	2,1	81	1060	2,12

**Tabla 1:** Destilado y  $R_p$  a distintas temperaturas de bandeja inferior

Los valores de factor de operación obtenidos en este trabajo,  $R_p$  son compatibles con los encontrados en trabajos anteriores y se encuentra entre los 2.5 y 3. Estos valores de  $R_p$  son los máximos obtenidos para este destilador con un flujo de alimentación igual al doble que la producción.



**Fig. 6 a y b:** Destilado y Factor de operación vs. temperatura bandeja inferior.

### ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En los vaporizadores que usan los concentradores solares tipo fresnel, la producción de vapor es de aproximadamente 2lt/h, de manera que con el caudal ensayado prácticamente se trabaja con la mitad de vapor. Dada las dimensiones del destilador multietapa al aumentar el caudal de vapor ingresado aumentará la temperatura de la bandeja inferior, obteniéndose temperaturas superiores a los 100 °C, lo que a su vez provoca importantes pérdidas de vapor, que trae aparejado una disminución en la producción. Es por ello que si se pretende aprovechar este vapor ingresado en su totalidad es necesario duplicar el área del destilador.

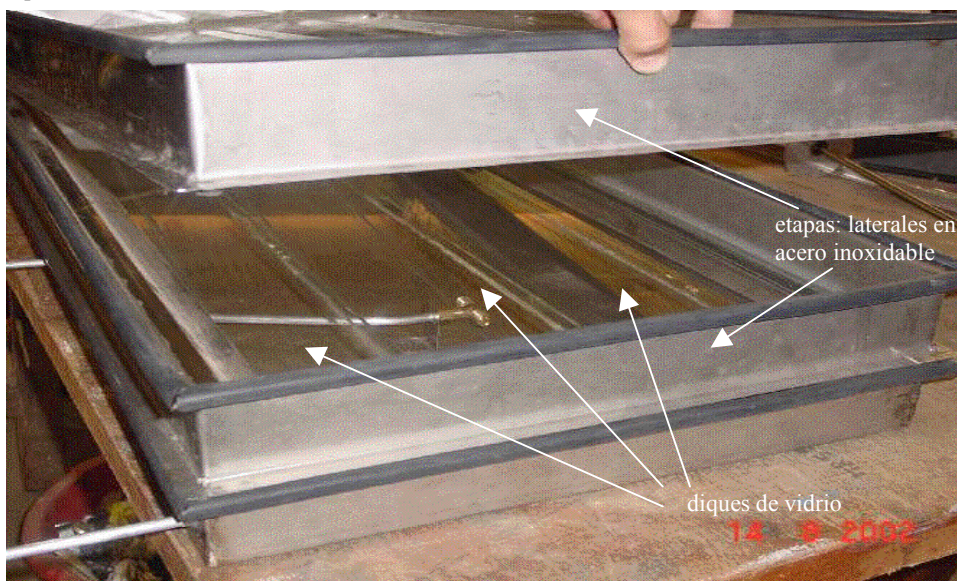
Como se observa de la figuras 4 y 5, las discontinuidades en las distribuciones de temperaturas se pueden evitar si se cuenta con un sistema continuo de recarga del vaporizador, un diseño del mismo está siendo ensayado actualmente.

Las producciones obtenidas con este sistema de calentamiento para las distintas cantidades de vapor ingresado son las óptimas para las dimensiones del destilador ensayado.

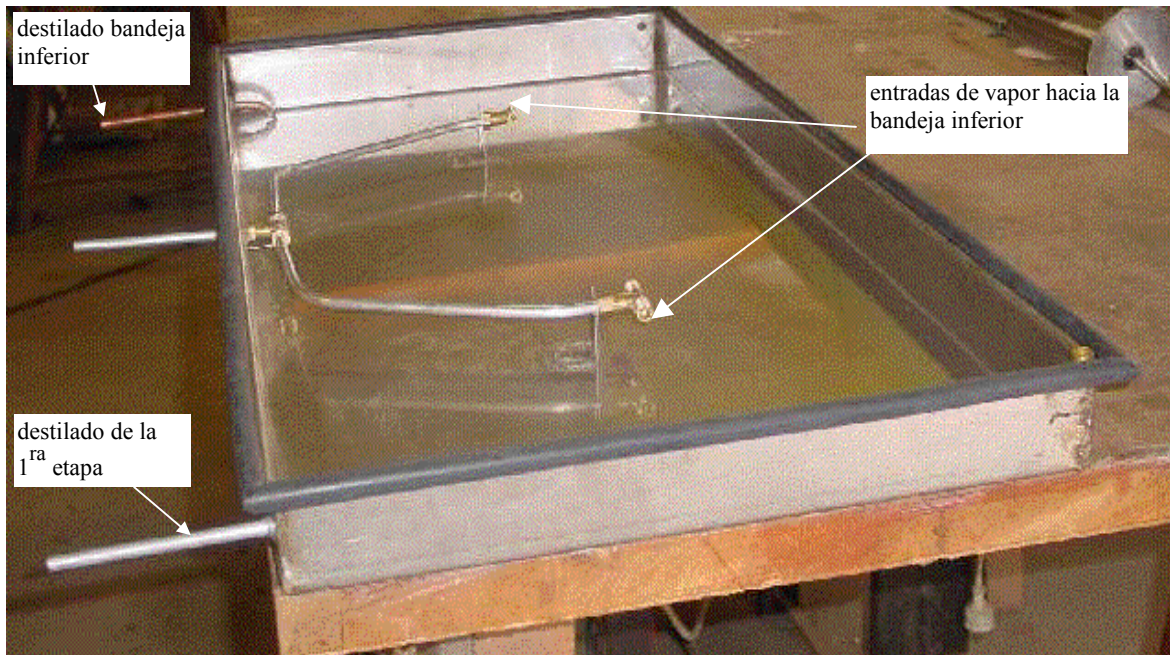
Si bien los valores de  $R_p$  encontrados para  $L_1$  y  $L_2$  son prácticamente iguales es conveniente trabajar con la máxima cantidad de vapor ingresado puesto que es en este caso donde se obtiene la mayor producción, como se puede ver de la figura 6 a.

### NUEVO DISEÑO

Las experiencias realizadas han permitido el desarrollo de un nuevo equipo de destilación para ser usado con los vaporizadores solares, las dimensiones son del destilador son 50 cm de ancho, 1 m de largo y 47 cm de alto; consta nuevamente de 5 etapas, y cada una de ellas poseen 3 diques, a diferencia del anterior las paredes laterales son de acero inoxidable, para darle mayor soporte al equipo. Las figuras 7-9 son fotografías durante la construcción del equipo que se encuentra en la etapa final de armado.

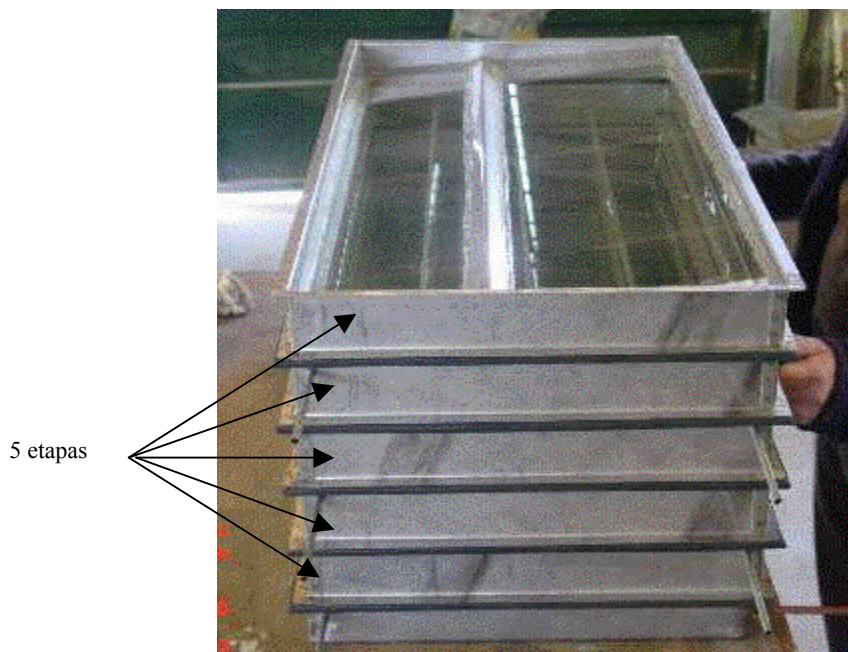


**Figura 7:** Distintas etapas del nuevo destilador.



**Figura 8:** Bandeja inferior,

La figura 8 muestra la bandeja inferior del nuevo equipo con las cañerías que permiten el ingreso del vapor.



**Figura 9:** Sistema de destilación completo (sin aislación).

## CONCLUSIONES

Este trabajo permitió desarrollar un nuevo destilador con las siguientes mejoras:

- Alimentación continua de agua, que permite un flujo continuo de vapor para calentar la bandeja inferior.
- Optimización de las dimensiones del sistema en función de las variables de operación, en particular la máxima producción de vapor de los concentradores solares.

## REFERENCIAS

Franco, J., Esteban S., Saravia L., (1998) "Destilador Multifecto Compacto" *Actas LACTCYM 98*, pp. 437-440 Vol II.

- Franco, J., Esteban, S., Saravia, L., (1999), “Destilador multietapa”, *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* p. 9.21.
- Franco, J., Esteban, S. (2000), “Calentamiento Solar Para un Destilador Multietapa Pasivo Compacto”, *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* p. 03.71.
- Saravia L, Cadena C, Caso R, Fernández C. (2002), “Cocinas Solares de Uso Múltiple”, *Energías Renovables y Medio Ambiente* p. 51-56.

**ABSTRACT**

This paper analyzes the production of a multiple-stage desalinator with a new heating system. The heater is a vaporiser that works with solar energy. The results of the experiments give enough data for a new design of the multiple-stage desalinator, whose picture is shown in this paper.