

CALENTADOR-DESTILADOR SOLAR CONICO DE AUTOCONTENIDO

A. Finck, R. Molnar, J.H. Mondragón, G. Rojas.

Universidad Iberoamericana.
Departamento de Física.
Prol. Paseo de la Reforma #880.
Lomas de Santa Fé. C.P. 01210
México D.F., MÉXICO.

Se presenta el diseño, construcción y operación de un sistema mixto en funciones de calentamiento de agua para aseo y destilación de agua salobre para consumo. El prototipo es de forma cónica con capacidad aproximada de 250 litros. Se pretende utilizar la energía de desperdicio del calentador solar para la destilación de agua para consumo. Se espera una productividad aproximada de 4 litros diarios. En este trabajo se presentan los perfiles de temperaturas en diversos puntos del sistema utilizándolo únicamente como destilador así como los resultados de su productividad.

INTRODUCCIÓN.

Si bien es cierto que más de tres cuartas partes del planeta Tierra están cubiertas por agua, también es cierto que sólo un pequeño porcentaje de esta es potable. Podemos considerar potable el agua que tiene una concentración salina menor de 500 partes por millón de sal común.⁽¹⁾

La destilación solar de agua como método para la obtención de agua potable a partir de agua salina o aguas salobres, es simplemente reproducir de manera efectiva y controlada el proceso que tiene la naturaleza para producir agua dulce: evaporación, condensación y recolección. Por supuesto, la energía necesaria para realizar la evaporación es Energía Solar.

La hidrografía mundial y específicamente la de la República Mexicana presenta una enorme heterogeneidad, lo que implica que en algunas regiones abunde el agua dulce, mientras que en la mayoría no se

disponga de ella fácilmente. Como ejemplo podemos indicar que la variación de la precipitación anual en la República Mexicana varía desde los 2600 mm en el sureste del país, hasta los apenas 29 mm de las zonas del noroeste.⁽²⁾

Es evidente que la escasez de agua potable inhibe el desarrollo social y económico de las poblaciones. Dicha escasez se presenta básicamente por dos cuestiones: una es el deficiente suministro para muchas poblaciones y colonias marginadas, y la otra es el grave problema de la contaminación. Esto último tal vez sea el objetivo principal a solucionar, pues aunque en muchos lugares se cuenta con pozos o aguas superficiales, el vital líquido se consume sin ningún tratamiento previo, lo que redundará en el incremento de enfermedades de tipo gastrointestinal. A esta cuestión podemos agregar que las plantas de tratamiento son por demás insuficientes y en la mayoría de los casos no funcionan de manera adecuada.⁽¹⁾

Por otra parte, la Organización Mundial de la Salud afirma que 2000 millones de personas en la Tierra no disponen de agua potable. Este dato revela que la descontaminación del agua es quizás uno de los mayores retos que actualmente tiene planteado la humanidad. La contaminación del agua puede provenir de un gran número de sustancias, tanto de tipo orgánico como inorgánico.⁽³⁾

El agua natural no es pura, ni puede serlo. Porque, por una parte, el elevado poder disolvente del agua para sólidos, líquidos y gases, hace imposible que este producto se halle puro en la naturaleza, tanto más cuanto que los productos de disolución primaria (O_2 , CO_2 , etc.) acentúan su capacidad disolvente por acciones químicas complementarias; y por otra parte, porque se utilizan corrientes de agua como vertedero de residuos urbanos, industriales, etc. Esto da origen a la contaminación del agua.

La presencia de materias extrañas puede producir, por calidad o cantidad, dificultades según el distinto empleo que haya de darse al agua. Las materias sólidas en suspensión-arcilla y materia vegetal son rechazables en casi todos los usos del agua y se separan fácilmente de ésta. De los sólidos disueltos tienen especial relevancia las sales de calcio y magnesio, porque restan al agua capacidad para su uso en calderas de vapor y para el lavado (aguas duras), además de las perturbaciones que pueden producir en los intercambiadores de calor y en algunas otras operaciones. Se llama dureza total al contenido total y conjunto de Ca^{++} y Mg^{++} . Para su expresión numérica se refiere todo a $CaCO_3$ o a CaO , en partes por millón de partes de agua, es decir en mg/l. Se utilizan también los "grados de dureza".

10 mg $CaCO_3$ eq/litro = 10. francés.

1 mg $CaCO_3$ eq/litro = 10. americano.

10 mg $CaCO$ eq/litro = 10. alemán.

siendo la relación entre estos diferentes grados:

10. francés = 0.560. alemán = 100. americano

Existe la denominada dureza temporal, debida a bicarbonatos de calcio y magnesio, que desaparece por ebullición, precipitando el carbonato; la que queda recibe el nombre de permanente. La suma de estas dos es igual a la dureza total.

Especial significación tiene el contenido orgánico del agua, pues

es causa y consecuencia de la posición de equilibrio vital-ecológico que existe en su seno. Este equilibrio se rige por una cierta concentración de O_2 , que puede disminuir por falta de aporte o por exceso de consumo. La reposición del oxígeno gastado corre a cargo de la función clorofílica de las plantas acuáticas y de la aireación favorecida por el movimiento y batido de la superficie libre del agua. El consumo de O_2 , que puede aumentarse por ingreso de demasiadas cantidades de materia orgánica, cuya metabolización la efectúan las bacterias aeróbicas acuáticas mediante el oxígeno disuelto. Con defecto de oxígeno, las bacterias aerobias decaen y predominan las anaerobias, con lo que la transformación final del sustrato orgánico no son sustancias como CO_2 , H_2O , SO_4^{2-} , NO_2^- o NO_2^- y NO_3^- sino CH_4 , SH_2 , N_2 , aminas, etc., características de la putrefacción. ⁽³⁾

La fermentación pútrida se produce en las aguas con contenidos en oxígeno inferiores a 2 ppm, muriendo los peces; éstos emigran cuando el nivel de O_2 alcanza las 3 ppm. Así pues, si se mantiene el aporte de oxígeno necesario, las aguas se pueden autodepurar de materia orgánica, dado que disponen de recursos para "degradar" esas materias impurificantes (por ejemplo, las descargas de las alcantarillas de las ciudades, las aguas residuales de las azucareras, de papeleras, etc.).

Para la solución de estos problemas se plantea la optimización y control del mismo proceso que utiliza la naturaleza para la obtención del agua pura. El principio de funcionamiento de estos dispositivos, "purificadores solares de agua", también implica la evaporación para separarla de las sales o eliminar microorganismos y condensarla por separado para obtener el producto deseado. A estas cuestiones se puede agregar el hecho de que generalmente en los lugares donde escasea el agua potable, abunda, en contraste, la disposición de Energía Solar, esto favorece la solución del problema.

La hipótesis que podemos establecer se puede expresar de la siguiente manera: El uso de purificadores solares de agua para la potabilización de la misma, disminuye el riesgo de adquirir enfermedades gastrointestinales debido a la ingestión de agua contaminada. Al mismo tiempo, permite a una familia promedio contar con una cantidad suficiente de agua pura para su consumo diario sin necesidad de monitorear el proceso de purificación.

OBJETIVO.

El principal objetivo en este trabajo es aprovechar el diseño y construcción de un calentador solar cónico de autocontenido con capacidad para 220 litros de agua, para efectuar, como acción secundaria, la destilación de agua salina utilizando en principio las pérdidas de calor de este sistema.

Se pretende con este sistema optimizar el recurso solar y utilizarlo por un lado en el calentamiento de agua dulce para aseo principalmente, y por el otro para la obtención de agua potable a partir de agua salina o salobre.

DESARROLLO.

El calentador-destilador solar cónico de autocontenido es un sistema fabricado con lámina galvanizada pintada de negro mate por el

exterior, tiene 1 m de diámetro en la base y 1 m de altura, está colocado sobre una base circular de fibra de vidrio que actúa como soporte y como aislante de la parte inferior. La cubierta también es cónica, fabricada con piezas triangulares de acrílico unidas con silicón, ya que no se encontró ningún fabricante que proporcionara esta pieza en las dimensiones requeridas. El sistema se muestra a continuación:

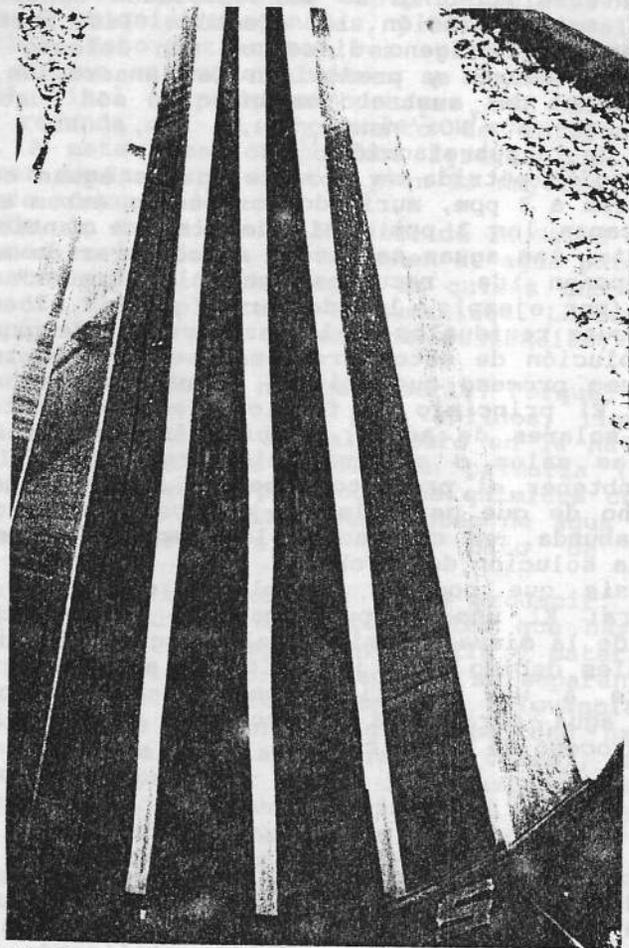


Figura # 1.- Destilador-Calentador Solar Cónico de un sólo Efecto.

El proceso de destilación se lleva a cabo de la siguiente forma: se coloca una tela absorbente en la parte superior del cuerpo del destilador, esta tela se alimenta con agua a destilar por medio de un sistema de goteo que la mantiene continuamente saturada, la lámina negra absorbente de la radiación solar, proporciona por conducción el calor necesario para la evaporación del agua, posteriormente esta se condensa en la parte interna de la cubierta de acrílico, donde escurre por gravedad, y puede recolectarse por medio de una canaleta colocada en la circunferencia interior de la propia cubierta. Un corte transversal de este sistema se muestra enseguida:

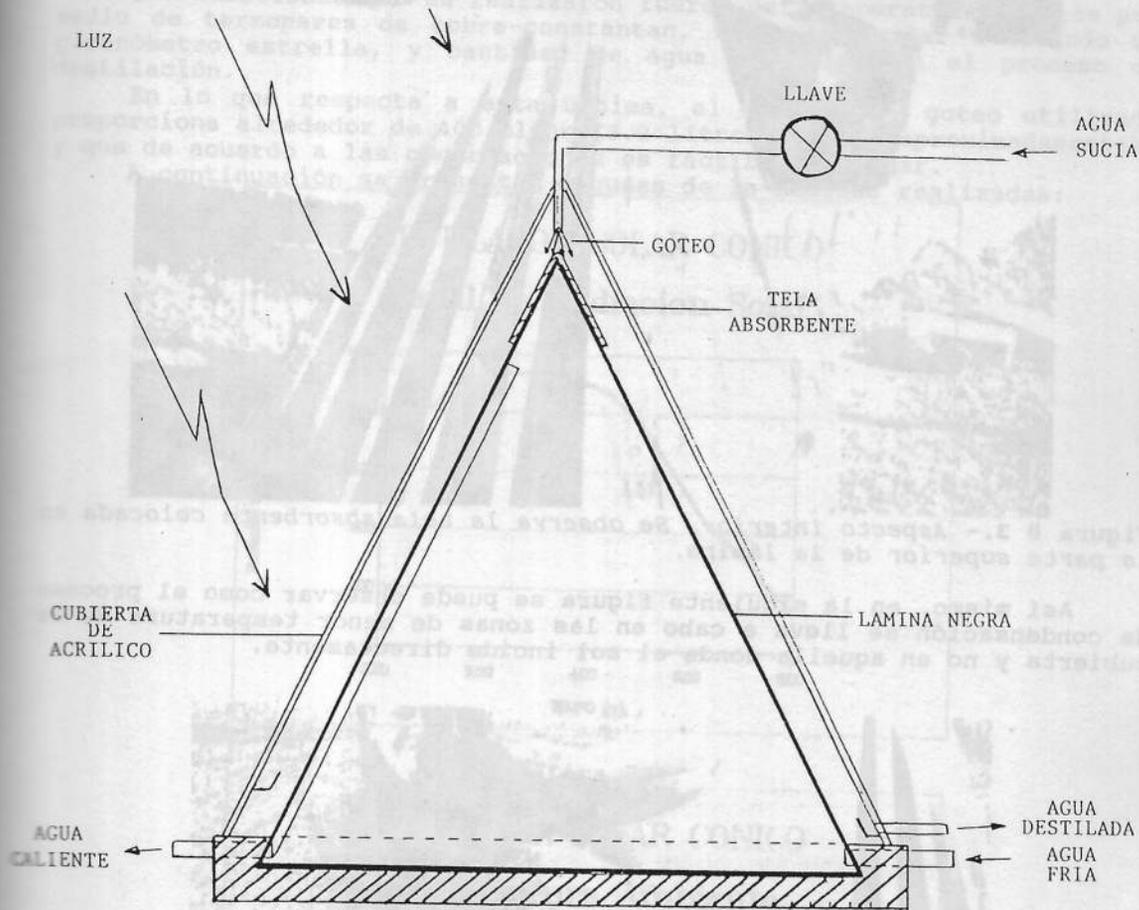


Figura # 2.- Esquema en corte transversal del Calentador-Destilador Solar Cónico de Autocontenido.

Como se puede observar, los procesos de destilación de agua para consumo y el de calentamiento de agua para higiene son totalmente independientes, esto permite utilizar el sistema como destilador, como calentador, o como ambos de manera simultánea. Dependiendo de la modalidad de uso, se espera que la cantidad de destilado sea diferente.

Por ahora, únicamente se trabajó en la modalidad de destilación, colocando dentro del sistema únicamente 20 litros de agua aproximadamente. Esto con el fin de que prácticamente toda la energía disponible se utilizara en el proceso de destilación. Cabe señalar que la temperatura del agua dentro del calentador llegó a ser de hasta 45°C.

A continuación se muestra un acercamiento del sistema en operación donde se puede observar la tela absorbente colocada en la parte superior y parte del proceso de condensación en la cubierta:

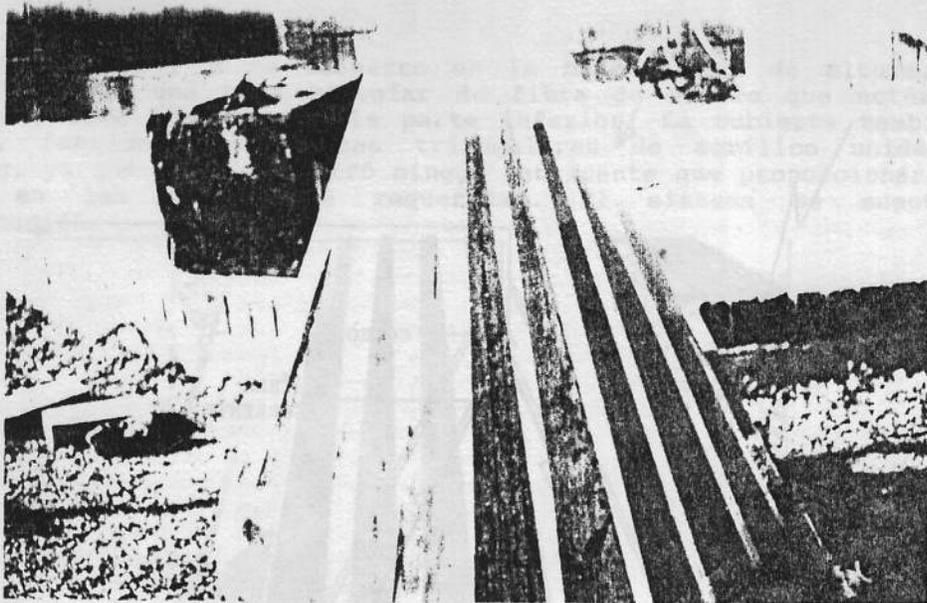


Figura # 3.- Aspecto interior. Se observa la tela absorbente colocada en la parte superior de la lámina.

Así mismo, en la siguiente figura se puede observar como el proceso de condensación se lleva a cabo en las zonas de menor temperatura de la cubierta y no en aquella donde el sol incide directamente.

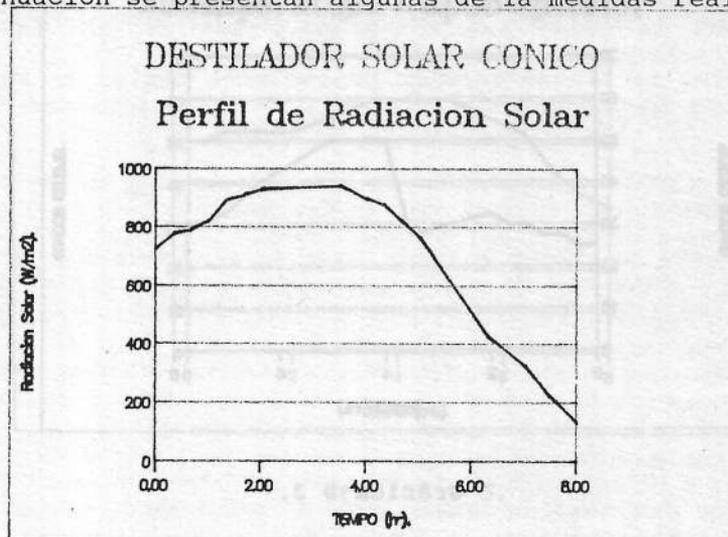


Figura # 4.- Regiones de condensación y de incidencia directa de radiación solar.

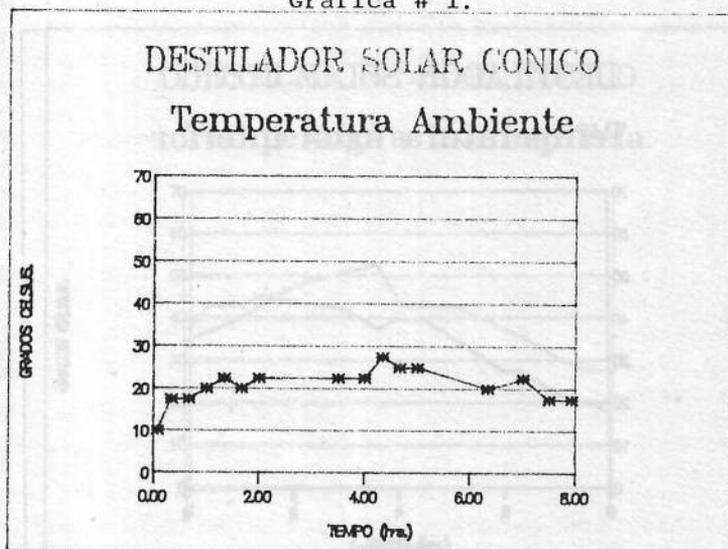
Las mediciones que se realizaron fueron de: temperaturas varias por medio de termopares de cobre-constantan, radiación solar utilizando un piranómetro estrella, y cantidad de agua utilizada en el proceso de destilación.

En lo que respecta a esta última, el sistema de goteo utilizado proporciona alrededor de 400 ml/hr (3.2 litros diarios aproximadamente), y que de acuerdo a las observaciones es factible aumentar.

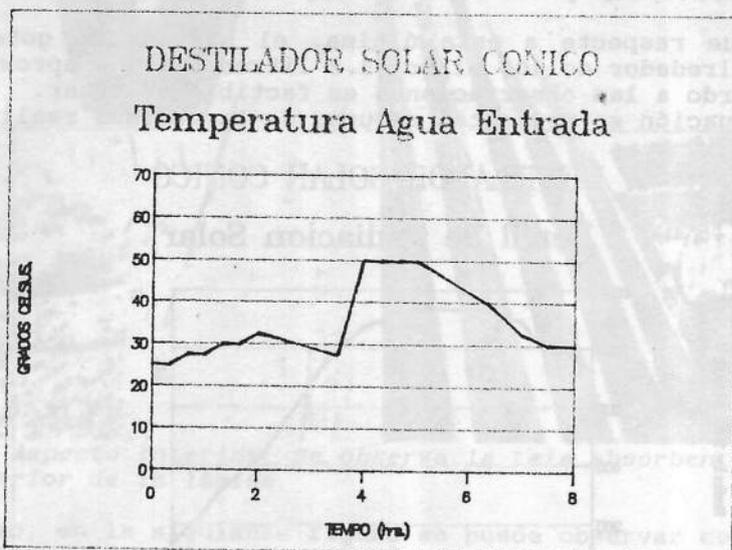
A continuación se presentan algunas de las medidas realizadas:



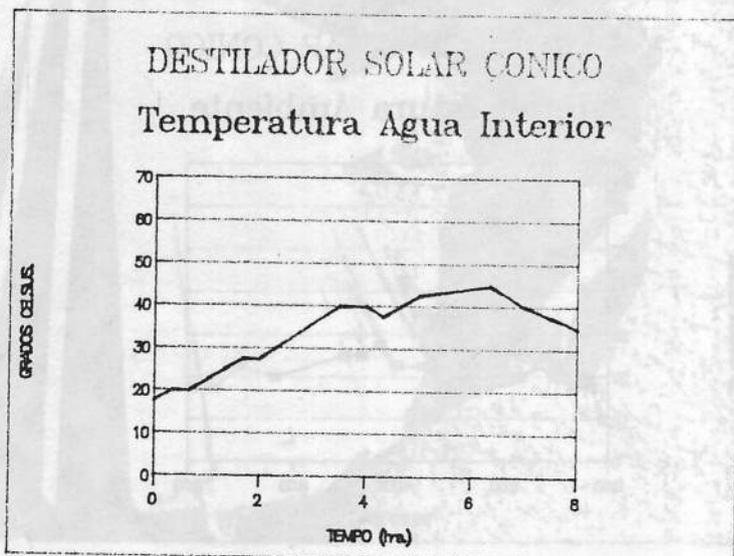
Gráfica # 1.



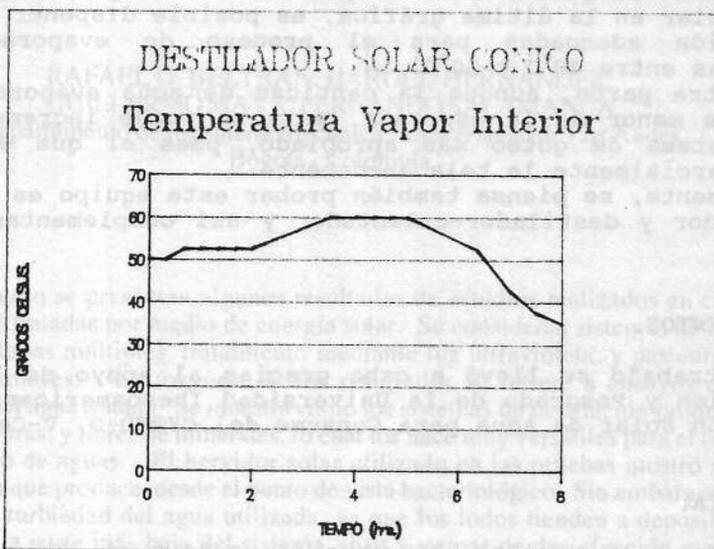
Gráfica # 2.



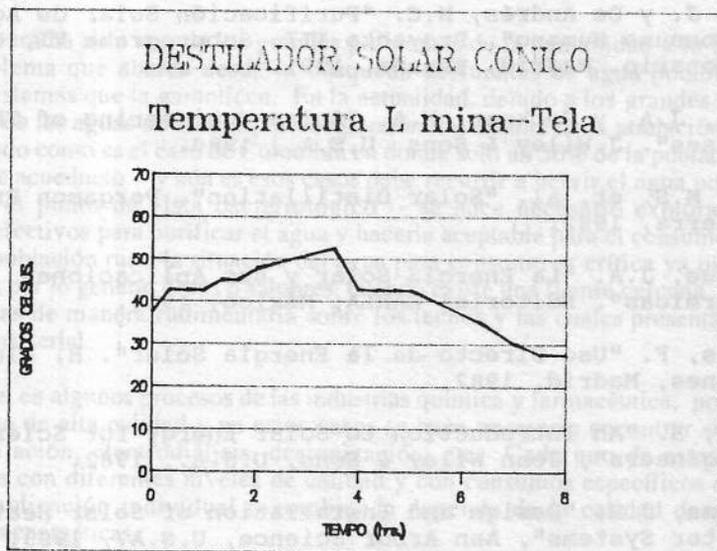
Gráfica # 3.



Gráfica 4.



Gráfica # 5.



Gráfica # 6.

Conclusiones y Perspectivas.

Este sistema presenta un comportamiento aceptable ya que, como se puede apreciar en la última gráfica, es posible disponer de temperaturas de operación adecuadas para el proceso de evaporación esto es, temperaturas entre 40°C y 50°C.

Por otra parte, aunque la cantidad de agua evaporada (\approx 3 litros diarios) es menor de la esperada, esta se puede incrementar al contar con un sistema de goteo más apropiado, pues el que se utilizó sólo irrigaba parcialmente la tela absorbente.

Finalmente, se piensa también probar este equipo en sus modalidades de calentador y destilador-calentador y así complementar la evaluación del mismo.

AGRADECIMIENTOS.

Este trabajo se llevó a cabo gracias al apoyo de la Dirección de Investigación y Posgrado de la Universidad Iberoamericana y al Grupo de Purificación Solar de Agua para Consumo del CYTED-D, V-Centenario.

BIBLIOGRAFÍA.

1. Juan Jorge Hermosillo, "Destilación Solar", Cuadernos de divulgación académica, (ITESO), No 16, 1981.
2. Asociación Nacional de Energía Solar, "Destilación de Agua", Curso de actualización, XV Semana Nacional de Energía Solar 1991.
3. Doria, J. y De Andrés, M.C. "Purificación Solar de Agua para Consumo Humano". Proyecto III, Subprograma VI, CYTED-D, V-Centenario. Madrid, España, 1991.
4. Duffie, J.A. y Beckman, W.A. "Solar Engineering of Thermal Processes". J.Wiley & Sons. U.S.A., 1980.
5. Sodha, M.S. et. al. "Solar Distillation". Pergamon Press, Inglaterra, 1982.
6. Manrique, J.A. "La Energía Solar y sus Aplicaciones Fototérmicas". Editorial HARLA, México, 1984.
7. Daniels, F. "Uso Directo de la Energía Solar". H. Blume Ediciones, Madrid, 1982.
8. Wieder, S. "An Introduction to Solar Energy for Scientists and Engineers", John Wiley & Sons, U.S.A., 1982.
9. Williams, J.R. "Design and Installation of Solar Heating and Hot Water Systems", Ann Arbor Science, U.S.A., 1983.