

CIENCIA Y SOCIEDAD
Volumen XXXIII, Número 2
Abril-Junio 2008

**PROTOTIPO A PEQUEÑA ESCALA DE UNA NEVERA SOLAR:
PRIMEROS RESULTADOS**

(Prototype in a small scale of a solar refrigerador: first results)

Inna Samson*
Rodolfo Echarri**
Claudio El Hasi***

RESUMEN

Con el objeto de verificar la posibilidad de funcionamiento de una nevera solar por adsorción con el par refrigerante metanol – carbón activado, se diseñó y construyó un prototipo a pequeña escala, simulando la energía recibida del sol por medio de resistencias eléctricas. En las pruebas efectuadas se obtuvo una temperatura de 4,9 °C en la cámara fría. Este resultado es muy prometedor considerando que el dispositivo realizado sólo contiene una masa de carbón de la décima parte necesaria para el prototipo de dimensiones reales lo que hace muy importantes las pérdidas de calor, frente a la potencia del sistema.

PALABRAS CLAVES

Refrigeración, nevera solar, metanol, carbón activado.

ABSTRACT

With the purpose of verifying the possibility of operation of a solar refrigerador by adsorption with a cooling pair (metanol-activated carbon), we designed and built a prototype in a small scale, simulating the energy received from the sun, by electrical resistances. In the test we performed, a temperature of 4.9 oC was obtained. This result is very promising, in so far as the device contains only one tenth of the mass of carbon that the device of real dimension will have.

* Área de Ciencias Básicas, Instituto Tecnológico Santo Domingo, Republica Dominicana
Email: ifsamson@intec.edu.do

** Instituto del Desarrollo Humano, Universidad Nacional de General Sarmiento, República Argentina
E-mail: recharri@ungs.edu.ar

*** Instituto de Ciencias, Universidad Nacional de General Sarmiento, República Argentina.
Email: cdelhasi@ungs.edu.ar

INTRODUCCIÓN

Es conocido por todos el problema de la utilización de combustibles fósiles para la producción de energía y la utilización de los CFC en la industria.

La implementación de nuevas técnicas de refrigeración buscan paliar los efectos de las dos cuestiones mencionadas aunque, por supuesto, no pretenden eliminarlos totalmente.

Por un lado, en la industria de la refrigeración clásica (ciclo de compresión), se han buscado reemplazantes del conocido freón, que actualmente ya están en uso.

Por el otro, se han desarrollado técnicas que permiten obtener frío haciendo uso de energías no convencionales. Dentro de estas últimas, se encuentra la posibilidad de un ciclo de adsorción de metanol sobre carbón activado. El mencionado ciclo permite utilizar, como fuente de energía, un colector solar del tipo plano ya que son suficientes las temperaturas alcanzadas en él (típicamente 100°C).

Si se quisiera utilizar otro tipo de ciclo donde la temperatura de la fuente caliente tuviera que ser mayor, se deberían utilizar otro tipo de colectores solares más sofisticados (concentradores) lo que aumentaría sensiblemente los costos de producción de una nevera de este tipo.

Por otro lado, los colectores solares planos tienen la ventaja, frente a los concentradores, que sus niveles de eficiencia se mantienen dentro de valores aceptables aún en condiciones de nubosidad donde los concentradores pierden totalmente su utilidad.

Además, si bien el metanol es tóxico, la presión máxima a la que puede llegar a encontrarse dentro del sistema es del 20 % de la atmosférica y frente a cualquier fuga, penetraría aire al sistema, y no saldría metanol. Esto es lo contrario a lo que ocurre en las instalaciones de refrigeración de amoníaco donde una pérdida en el sistema puede afectar severamente a las personas que se encuentran cerca.

Como ya hemos explicado en un trabajo anterior [1] la nevera solar propuesta consiste en un colector solar plano donde se aloja una masa de carbón activado que eleva su temperatura durante las horas de insolación. Al elevar su temperatura, el carbón activado desorbe una cierta cantidad de metanol que se encuentra adsorbido en él, la que pasa en estado gaseoso a un condensador en el que pasa al estado líquido, liberando el calor latente de condensación hacia el medio ambiente.

A su vez, el metanol en estado líquido pasa por gravedad a un recipiente que lo contiene hasta que se completa el ciclo de desorción. En ese momento se abre una válvula permitiendo el paso del líquido hacia el evaporador que se encuentra en una cámara térmicamente aislada del medio ambiente (cámara fría).

Cuando el carbón activado baja su temperatura (durante las horas sin sol) comienza a adsorber los vapores de metanol presentes en el sistema, bajando su presión y provocando la evaporación del metanol líquido que se encuentra en el evaporador.

El calor latente de evaporación del metanol es el responsable de la extracción de calor de la cámara fría.

Los cálculos que hemos realizado, que se han basado en trabajos previos de otros autores [2],[3],[4],[5],[6],[7],[8] nos permiten estimar que para una producción de 5 Kg de hielo diaria, es necesario un metro cuadrado de colector solar con un contenido de unos 15 Kg de carbón activado, dependiendo de sus características. El modelo a escala que construimos posee sólo 0,5 Kg de carbón.

Como hemos explicado en el trabajo previo ya nombrado[1], todas las cuestiones mencionadas anteriormente, junto con las posibilidades técnicas de una futura producción de neveras de este tipo en República Dominicana, nos han decidido a experimentar con el ciclo de adsorción de metanol sobre carbón activado.

Para verificar la posibilidad de obtener frío con un ciclo de esta naturaleza, y al mismo tiempo comenzar un entrenamiento experimental para solucionar algunos de los problemas que se presentan al elaborar equipos de este tipo, se diseñó y construyó un dispositivo que logró bajar la temperatura del evaporador notablemente.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

El diseño del dispositivo se puede observar en el esquema siguiente.

Todos los elementos empleados son de fácil adquisición y bajo costo:

El recipiente que contiene el carbón activado, el contenedor intermedio de metanol líquido y el evaporador son matafuegos de carro en desuso.

El condensador y las tuberías complementarias se realizaron en tubos de cobre para gas de 3/8" y las válvulas son también para gas.

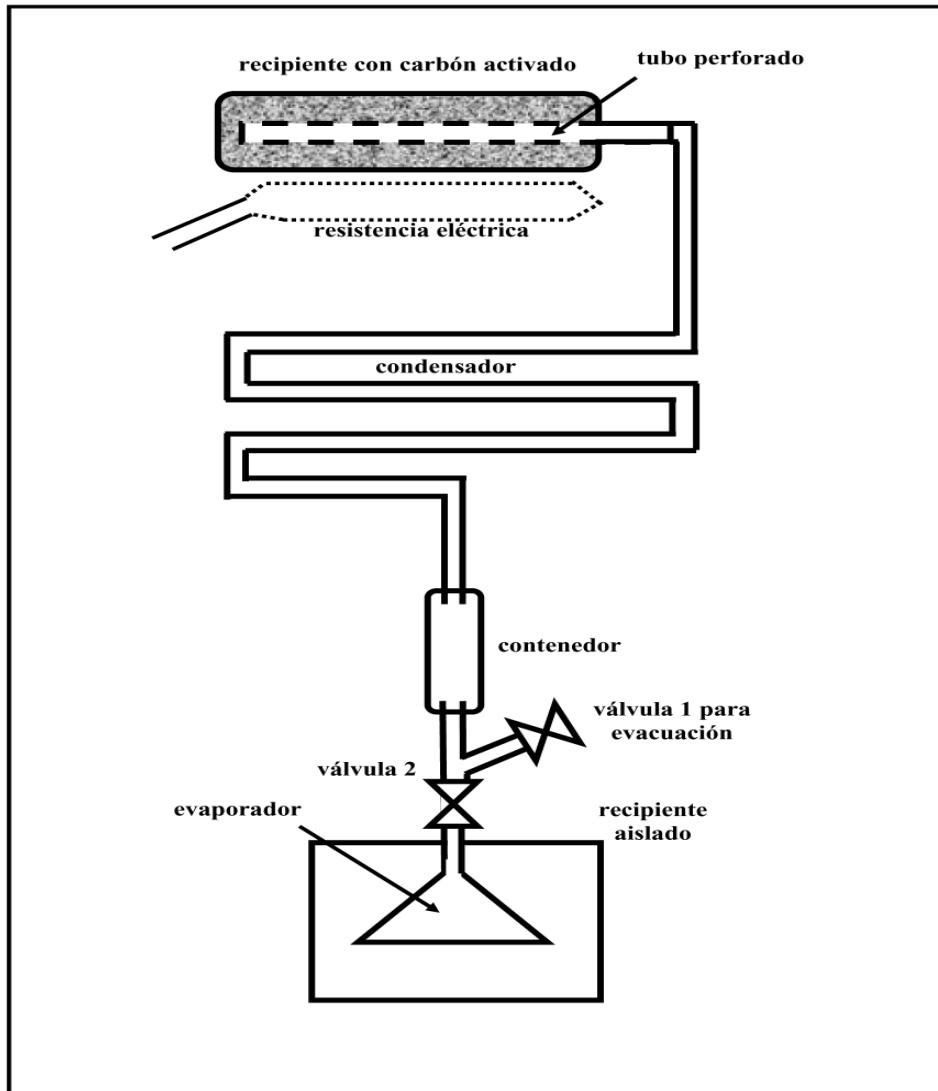
Las uniones entre el hierro de los recipientes y los tubos de cobre se realizaron por medio de soldadura de plata, y las uniones entre los tubos por medio de uniones estandar para gas con anillo de aluminio.

El tamaño del prototipo es tal, que la cantidad de carbón utilizada es de aproximadamente 500g. lo que nos da una cantidad de metanol adsorbido máxima (en condiciones de saturación del carbón) de unos 150 CC. Sin embargo se realizó la carga con 250CC de forma de asegurarnos que sobrase.

Dentro del recipiente con carbón (un cilindro de 25x8cm aproximadamente) se han colocado tres tubos de cobre de 1/4" en los cuales se han practicado perforaciones de 2mm separadas 4 mm entre si. Dichas perforaciones se realizaron de forma tal que atraviesan de lado a lado el tubo y todas están contenidas en un plano que contiene el eje del mismo. Sobre un plano ortogonal al anterior (y que también contiene al eje) se realizó otra serie de perforaciones iguales.

El número total de agujeros en cada tubo es de aproximadamente 200. Esto permite que los vapores de metanol generados en la masa de carbón circulen con facilidad hacia el resto del sistema.

Dado que, en lugar de tener un colector plano, el sistema posee un cilindro para contener el carbón, la energía proveniente del sol se simula colocando dicho recipiente dentro de un horno con resistencias eléctricas, para tener control de las temperaturas alcanzadas.

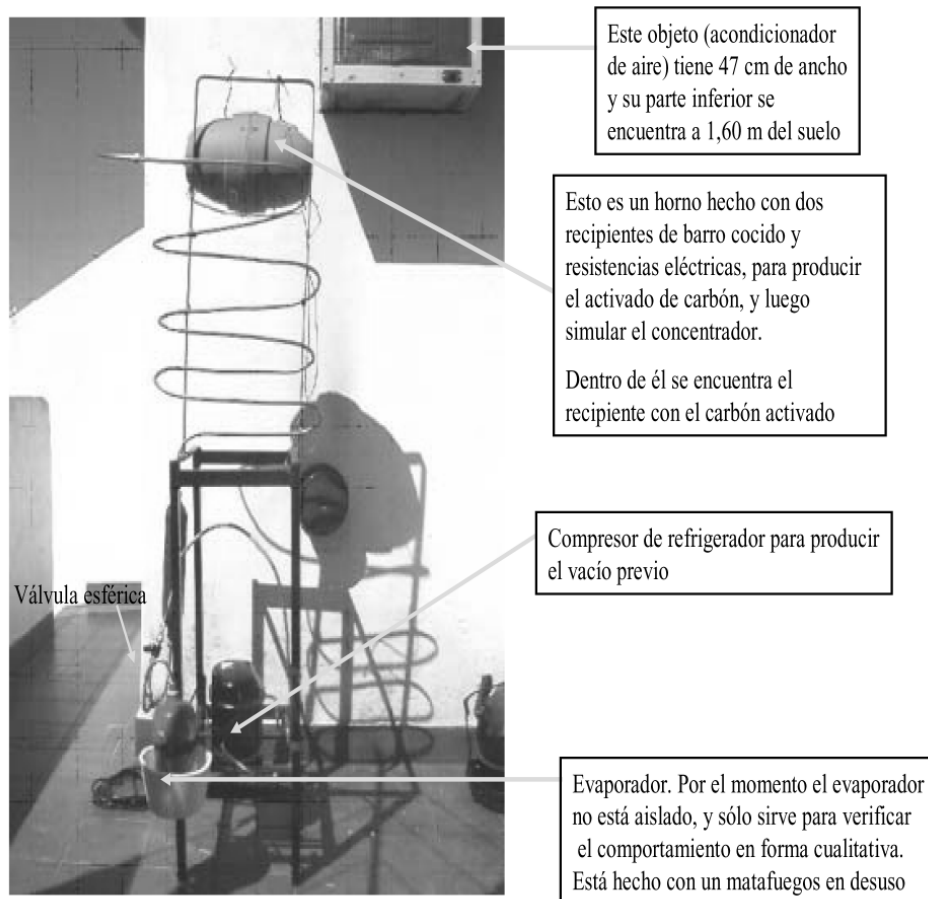


Inna Samson, Rodolfo Echarri, Claudio El Hasi: Prototipo a pequeña escala de una nevera solar...

El condensador se construyó sencillamente doblando en forma de zigzag un tubo de cobre de 1/4" de aproximadamente 2m de longitud.

Por otro lado el evaporador, que también es un matafuegos de carro en desuso, se colocó dentro de un recipiente de latón de dimensiones mayores aislado con espuma de poliuretano en aerosol.

El dispositivo construido se puede observar en la fotografía, donde se muestra un acondicionador para dar una idea de las dimensiones del prototipo.



PUESTA EN FUNCIONAMIENTO

Para poner en funcionamiento el sistema, una vez colocado el carbón activado en su recipiente, y el metanol en el evaporador se procedió a calentar el carbón activado por medio de las resistencias hasta una temperatura de unos 200°C durante tres horas mientras se mantenía la válvula 1 abierta y la 2 cerrada. de esta forma la mayor parte de los componentes adsorbidos por el carbón fueron eliminados.

Luego de esto, para mejorar la activación del carbón, el sistema se conectó a una línea de vacío a través de la válvula 1 durante otras dos horas, para terminar abriendo la válvula 2 durante el tiempo necesario para observar la salida de vapores de metanol a través de la línea de vacío. En ese momento se cerró la válvula 1 y se desconectó la línea de vacío para posteriormente dejar enfriar hasta temperatura ambiente al carbón activado.

A partir de aquí, se comenzó el experimento que consistió en calentar el carbón activado a 100°C con la válvula del evaporador cerrada, durante el tiempo suficiente para lograr la desorción. Luego de esto, se abrió la válvula dejando pasar el metanol hacia el evaporador por gravedad, y se cortó el suministro de energía para la calefacción del carbón.

De esta forma, al enfriarse el carbón hasta la temperatura ambiente, comenzó el proceso de adsorción y por lo tanto el enfriamiento del evaporador.

La evolución de la temperatura del evaporador durante el experimento se puede observar en la tabla siguiente.

Hora	Temp. Exterior °C	Temp. Evaporador °C
15:30	20	13,5
16:06	19	8,9
16:25	19	7,5
17:00	16	6,7
19:00	16	4,9
23:50	15	9,5

Todas las temperaturas se midieron por medio de resistencias NTC de 20K Ω previamente calibradas.

Inna Samson, Rodolfo Echarri, Claudio El Hasi: Prototipo a pequeña escala de una nevera solar..

En los subsiguientes ciclos simulados las diferencias de temperatura logradas en el evaporador fueron sensiblemente menores hasta que después de un par de días el sistema dejó de funcionar totalmente.

Esto, probablemente, se debe a pérdidas de vacío ya que la entrada de aire al sistema impide la correcta evolución del ciclo.

PROBLEMAS ENCONTRADOS

- 1- Las válvulas utilizadas no son aptas para esta aplicación. Solución propuesta: utilizar válvulas de mejor diseño y calidad, o diseñar y construir válvulas adecuadas.
- 2- Los sellos de aluminio son atacados por el metanol. Solución propuesta: utilizar sellos de cobre (actualmente no se consiguen en el mercado argentino) o utilizar uniones soldadas con soldadura de plata.
- 3- El nivel de vacío alcanzado con el compresor de nevera no es el óptimo. Solución propuesta: utilizar una bomba de vacío de paletas en baño de aceite.

CONCLUSIONES

Con el trabajo realizado se ha mostrado cualitativamente la posibilidad de funcionamiento de una nevera de este tipo.

Por otro lado, se ha logrado una valiosa experiencia durante la construcción y evaluación del dispositivo, lo que permitirá la construcción de uno de mayores dimensiones.

BIBLIOGRAFÍA

1. *Inna Samson y Rodolfo Echarri. Una alternativa para producción de frío con energía solar. Ciencia y Sociedad, Vol XXIX Enero – Marzo 2004 RD ISSN 0387-7680.*

2. *Erico Frigerio. Sistema solar de refrigeración por adsorción. Características del carbón activado.* Universidad Nacional de Salta.
<http://mail.inenco.net/~asadedit/avermas/averma3/03-33.pdf>
3. *K. Sumathy. An efficient solar ice maker.* Department of Mechanical Energy, University of Honk Kong.
<http://www.fsec.ucf.edu/ed/iasee/isree/s2236.PDF>
4. *F. Lemini, A. Errougani, F. Bentayeb. Realisation experimentale d'un refrigerateur solaire a adsorption à Rabat.* FIER' 2002 Tetouan Maroc.
<http://www.fst.ac.ma/fier/43.PDF>
5. *M. Abachad, A. Almers and E. Mimet. Etude comparatif des machines frigorifiques solaires a adsorption et a absortion.* FIER' 2002 Tetouan Maroc.
<http://www.fst.ac.ma/fier/01.PDF>
6. *Jbougard.* Analyse energetique et entropique de plusieurs cycles de refrigeration solaire a adsorption. **FIER' 2002 Tetouan Maroc.**
<http://www.fst.ac.ma/fier/07.PDF>
7. *E.E. Anyanwu. Review of solid adsorption solar refrigerator I: an overview of the refrigeration cycle.* Energy conversion and Management 44 (2003) 301 - 312.
8. *E.E. Anyanwu, C.I. Ezekewe. Design, construction and test run of a solid adsorption solar refrigerator using activated carbon/methanol, as adsorbent/adsorbate pair.* Energy Conversion and Management 44 (2003) 2879 - 2892.

Recibido: 10/03/08

Aprobado: 4/05/08