

**CARACTERIZACION DE UN INTERCAMBIADOR DE CALOR
PARA CALEFACCION DE INVERNADEROS #**

A. Iriarte * y S.B. de Biagi
Unidad de Investigación Catamarca **
Fac. de Ciencias Agrarias - UNCa.
Av. M. Quiroga N° 93 - 4700 - Catamarca

L. Saravia y R. Echazú
INENCO, Universidad Nacional de Salta
Buenos Aires 177 - 4400 - Salta

RESUMEN

La ventilación de los invernaderos es un factor importante para controlar la temperatura interior, debido a que el incremento de temperatura diurna perjudica al cultivo. Esta situación obliga a los productores a ventilarlos durante el día, con la correspondiente pérdida de calor y a calefaccionarlos durante la noche.

Se propone como solución la incorporación de intercambiadores plásticos, colectores - acumuladores de calor que puedan captar la radiación solar excedente, convertirla en energía térmica y almacenarla para luego utilizarla cuando sea necesario. En el presente trabajo se describen las características de funcionamiento para distintas condiciones de uso.

INTRODUCCION

En nuestra región, particularmente en la Provincia de Catamarca, el sobrecalentamiento diurno de los invernaderos obliga a los productores agrícolas a ventilar la estructura de los mismos para evitar daños en los cultivos, con la correspondiente pérdida de calor al exterior del sistema. En consecuencia es necesario controlar la temperatura, ya que una temperatura excesivamente alta aumenta la carga respiratoria de las plantas. La respiración es un proceso necesario para el crecimiento vegetal, pero si la velocidad del proceso es muy acelerado se puede llegar a un gasto superfluo de las sustancias de reserva.

A pesar de los avances logrados en cuanto a sistemas de ventilación, éstos no son eficientes y el productor se ve obligado a abrir las puertas y levantar el plástico de los costados, lo que implica una importante pérdida de calor al exterior, además de originar corrientes de aire perjudiciales.

* Miembro de carrera del CONICET
** Convenio UNCa.- UNSa.- CONICET
Parcialmente financiado
INENCO - BID CONICET N°307
SEDECYT - UNCa.

Este exceso de energía solar durante el día y el requerimiento de calefacción durante la noche, nos impone la necesidad de captar la radiación solar excedente, convertirla en energía térmica y almacenarla para posteriormente utilizarla cuando sea necesario. Por lo tanto, la radiación infrarroja que llega al invernadero no puede ser despreciada o absorbida previo a su ingreso al invernadero, porque se evitaría la posibilidad de calefaccionarlo durante la noche. En cambio si la absorbemos en el interior del mismo podemos transformarla en energía térmica y acumularla para utilizarla en el momento en que se la necesite.

En un trabajo anterior (1) realizado por el INENCO - Salta, se presenta un sistema activo de calentamiento de agua, para solucionar los problemas de las bajas temperaturas. Básicamente, el sistema propuesto consiste en captar el exceso de energía del invernadero durante el día, y devolver ésta durante la noche para aumentar la temperatura bajo la cubierta.

Dentro del invernadero se colocan verticalmente plásticos por donde circula agua, la que se calienta por absorción de la radiación en la porción infrarroja, que no es fotosintéticamente activa, y por intercambio de calor con el ambiente interno del invernadero.

En el presente trabajo se describen las características de funcionamiento de estos intercambiadores para distintas condiciones de uso, así como su comportamiento térmico y físico para diferentes valores de temperatura de ingreso y caudal de circulación del agua.

DESCRIPCION Y FUNCIONAMIENTO DE LOS INTERCAMBIADORES

Los intercambiadores plásticos, que actúan como sistema colector - acumulador de calor, se ubican en el interior del invernadero en posición vertical. Están contruidos por tubos de polietileno de 150 micrones de espesor, transparente, con tratamiento antiultravioleta, especificado técnicamente como de larga duración térmica, de 1,20m de longitud y 0,5m de ancho.

Las bolsas - tubos se sueldan transversalmente de manera tal que, cuando están en posición vertical, el agua ingresa por la parte superior, cae por gravedad y circula dentro de la misma por el canal construido en forma de zig-zag en la dirección vertical del intercambiador.

Durante el funcionamiento del intercambiador en el invernadero, el agua que circula dentro del mismo se calienta durante el día ya que tanto el plástico como el agua absorben la radiación infrarroja del espectro solar. Ambos son transparentes a la radiación visible, por lo tanto no hay competencia con las necesidades fisiológicas de las plantas. También el agua se calienta por transferencia de calor entre el aire y el agua a través de la pared plástica de la bolsa.

Asimismo, durante la noche, cuando la temperatura del invernadero baja de un valor preestablecido, el agua caliente, acumulada en el reservorio externo, comienza a circular por las

bolsas, transfiriendo el calor hacia el ambiente interno del invernadero.

Los ensayos de laboratorio se realizaron bajo condiciones controladas, estudiando el comportamiento de los intercambiadores cuando éstos transfieren calor al medio exterior mediante la circulación de agua caliente.

ENSAYOS REALIZADOS

A los efectos de lograr un sistema que permita medir los parámetros característicos bajo condiciones controladas, se construyó un banco de ensayos que permite; a) pesar el intercambiador en funcionamiento; b) medir las temperaturas del agua, aire y plástico en diferentes puntos; c) medir caudales de circulación del agua.

En la Figura N° 1, se muestra el banco de ensayo compuesto por:

- 1.- Rack de soporte
- 2.- Balanza
- 3.- Termocuplas
- 4.- Sistema de adquisición de datos
- 5.- Termostato regulable
- 6.- Intercambiadores instalados

Para la medición de temperaturas se usaron termocuplas cobre - constantan acopladas a un sistema de adquisición de datos tipo "Delta Logger". Tiene 62 canales, aceptando señales de entrada en forma de voltajes, resistencias, contador, frecuencia y niveles digitales. Los registros son almacenados en una memoria EPROM durante el proceso de medición y puede ser también almacenado en una PC o impresora. En esta circunstancia se utilizó el sistema de adquisición en el modo para medir con termocuplas con punta fría electrónica incorporada.

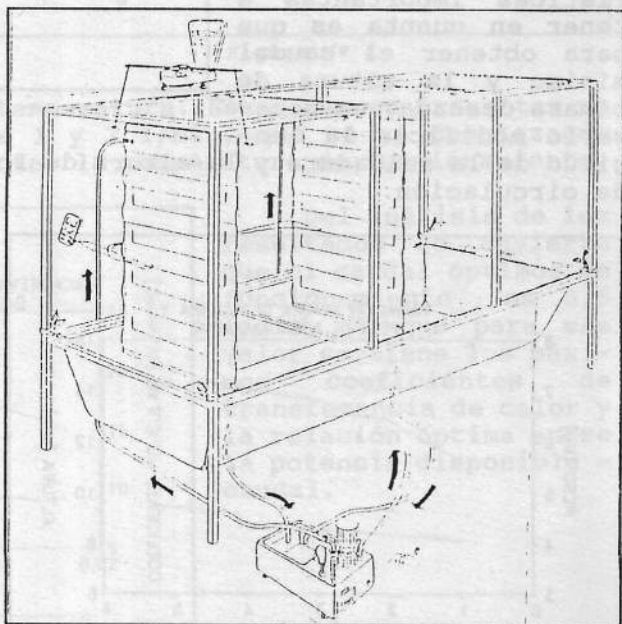


Figura N° 1

El baño termostático utilizado, marca MGW Lauda, permite variar la temperatura desde el ambiente hasta 100°, con bomba para recirculación incluida con caudales comprendidos entre 0,2 l/min y 5,5 l/min a plena carga.

Los intercambiadores están montados sobre una balanza monoplato a resorte que permanentemente está indicando el peso del mismo.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los primeros ensayos que se realizaron fueron orientados a definir las características físicas del intercambiador, esto es por ejemplo el caudal mínimo de circulación y la altura de la cámara superior, responsable del aumento de presión del agua y del peso del intercambiador.

Una de las características importantes a tener en cuenta es que para obtener el caudal mínimo y la altura de cámara deseada, es necesario modificar la longitud de la soldadura y la altura de los obtáculos de los ductos de circulación.

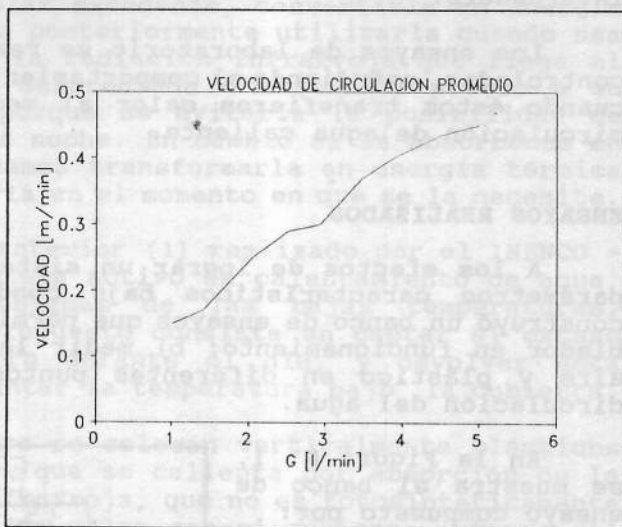


Figura N° 2

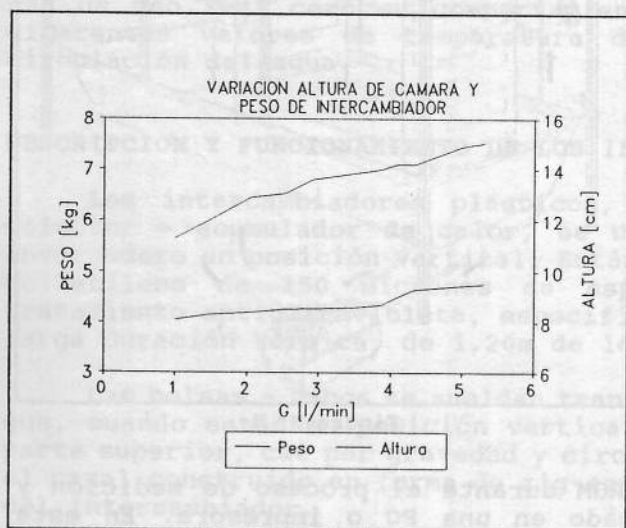


Figura N° 3

Durante el funcionamiento del intercambiador se observa que para valores de caudal inferiores a 1,5 l/min la sección transversal del ducto de circulación es elíptica, mientras que a medida que el caudal aumenta su forma va asemejándose a un cilindro de sección circular. Este fenómeno provoca que la relación entre el caudal y la velocidad no sea proporcional como debería serlo para un ducto de sección constante, Figura N° 2.

El mismo análisis surge de la Figura N° 3, altura y peso en función del caudal, en donde se muestra que el peso del intercambiador es fuertemente dependiente del caudal para valores inferiores a 2 l/min, mientras que la altura de cámara se mantiene prácticamente constante.

En la Figura N° 4 se comparan los coeficientes de transferencia global y pelicular. Del análisis de la misma se puede inferir que para caudales superiores a 2 l/min ambos coeficientes prácticamente se mantienen constante en $8 \text{ W/m}^2\text{C}$ y $18 \text{ W/m}^2\text{C}$ respectivamente. Asimismo se muestra la variación del coeficiente

global para un intercambiador plástico plano presentado en un trabajo anterior (2), observándose un aumento del valor coeficiente para la nueva configuración de los intercambiadores.

En la Fig. N° 5 se muestran las variaciones de los coeficientes en función de la velocidad en donde se advierte las mismas variaciones que en la figura anterior.

En la Figura N° 6, se observa la variación de la potencia en función del caudal para distintos valores de temperatura. Estas curvas presentan un mínimo para caudales entre 1 y 2 l/min, que se va desplazando hacia la izquierda al aumentar la temperatura de funcionamiento.

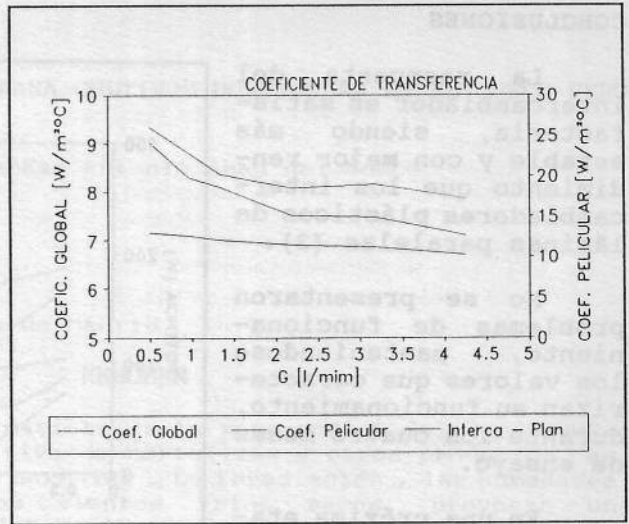


Figura N° 4

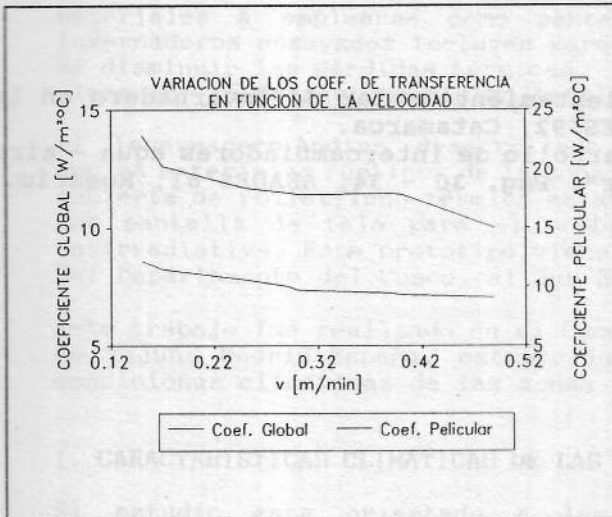


Figura N° 5

Del análisis de los resultados se advierte que el caudal óptimos de funcionamiento es 0,5 l/min, ya que para ese valor se tiene los máximos coeficientes de transferencia de calor y la relación óptima entre la potencia disponible - caudal.

CONCLUSIONES

La respuesta del intercambiador es satisfactoria, siendo más estable y con mejor rendimiento que los intercambiadores plásticos de láminas paralelas (2).

No se presentaron problemas de funcionamiento, manteniéndose los valores que caracterizan su funcionamiento, durante los cuatro meses de ensayo.

En una próxima etapa será necesario determinar su comportamiento como colector - acumulador solar, bajo condiciones controladas.

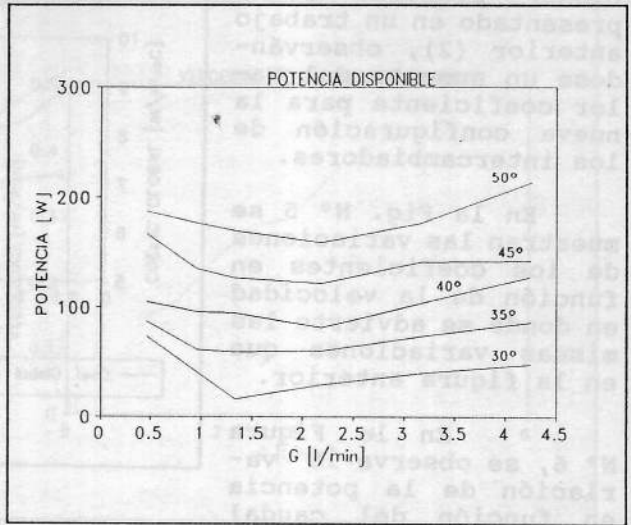


Figura N° 6

REFERENCIAS

- 1.- L. Saravia et al, "Calentamiento solar de invernadero en la Provincia de Salta". ASADES'92, Catamarca.
- 2.- A. Iriarte et al, "Desarrollo de intercambiadores agua - aire para uso en secadero solar". Pag. 30 - 34, ASADES'81, Rosario.