

# DISEÑO DE UN SECADERO SOLAR EXPERIMENTAL PARA HIERBAS AROMATICAS-ESTADO DE AVANCE.

Carámbula, M.(\*\*) Zimberg, B.(\*) Moreira, J.(\*) Sendín, J.(\*\*)

Universidad de la República O. del Uruguay

Facultad de Ingeniería

Instituto de Ingeniería Química

(\*\*)Depto. de Procesos Físicos

(\*)Instituto de Física

Herrera y Reissig 565, Montevideo, Uruguay.

Fax: (5982) 710871 e-mail: martac@fing.edu.uy

## RESUMEN

El desarrollo en el Uruguay de un mercado creciente de consumo de productos denominados "ecológicos", ha impulsado la utilización de secaderos solares en el medio rural. Una cooperativa de pequeñas productoras de Canelones es la pionera en el secado solar de una amplia variedad de hierbas aromáticas comercializadas en grandes supermercados.

En el presente trabajo se presentan los aspectos de diseño de un secadero solar indirecto de gabinete, el cual se utilizará para estudios de secado de hierbas aromáticas en el marco del necesario relacionamiento universitario con el esector productivo.

El aire húmedo se extrae del secadero mediante un ventilador accionado por energía eólica que utiliza un "rotor de Savonius" en el techo del secadero. Este extractor aprovecha para su funcionamiento los vientos de la zona.

## INTRODUCCION

Tradicionalmente en el Uruguay la producción de hierbas aromáticas secas se encontraba a cargo de empresas de porte mediano, con trayectoria de décadas en el mercado. En el ámbito de la comercialización informal en ferias vecinales, podían encontrarse productos obtenidos a pequeña escala.

En los comienzos de la presente década, fue posible observar la aparición en grandes supermercados de productos agrícolas denominados "ecológicos", entre ellos una amplia variedad de hierbas aromáticas secas, elaboradas en una pequeña cooperativa de productoras del norte del departamento de Canelones. Con el apoyo de instituciones municipales (JUNAGRA) e internacionales (Agencia Alemana GTZ), las trabajadoras implementaron la puesta en marcha de secaderos solares donde secan hierbas que ellas mismas cultivan. La experiencia obtenida en esta actividad les ha permitido desarrollar su propia técnica para que las hierbas mantengan un color y aroma próximo al de las hierbas naturales. Experimentalmente han encontrado buenos resultados cuando el producto a secar se mantiene dentro del secadero en ausencia de luz y a temperaturas moderadas.

En el marco de un proyecto sobre aplicaciones de la energía solar que se encuentra en ejecución en la Facultad de Ingeniería, se implementó el diseño y la construcción de un secadero solar indirecto experimental para el secado de hierbas. Se pretende estudiar posteriormente las condiciones de operación del mismo y su utilidad para el fin propuesto. Asimismo se tratará de establecer si es posible lograr una calidad similar a la obtenida por las productoras utilizando este modelo que contempla el funcionamiento en ausencia de luz solar sobre el producto.

## SECADEROS DE GABINETE

Se pueden encontrar en la bibliografía diversas variantes de este tipo de secadero (5,8). Los de calentamiento indirecto, constan de un colector solar donde es calentado el aire y una cámara de secado opaca. Se ha estudiado en ellos el secado de granos y de papas cortadas (1). Algunos investigadores han realizado modelos matemáticos para el estudio de secaderos de gabinete que operan en forma mixta (2), en los cuales existe también aporte de radiación a través de las paredes de la cámara.

## CARACTERISTICAS DEL SECADERO UTILIZADO

El secadero consta de un gabinete de madera cerrado cuyas dimensiones son : 0,94x1,50x1,67 m., conectado a un colector solar de aire de 1,50x2,00 m.. El secadero está soportado sobre patas de 0,59 m de altura.

Hasta la fecha, investigadores del Instituto de Física han ensayado un modelo de secadero similar al descrito para el secado de pescado (10). El producto se cuelga dentro del secadero, estudiándose el secado debido al aire precalentado en el colector e impulsado por tiro natural. El producto se mantiene dentro del equipo durante varios días hasta alcanzar los niveles de humedad deseados.

Los resultados indican que el proceso es favorable en los meses de primavera, pudiéndose generalizar al otoño. Durante el verano se detectaron temperaturas extremas superiores a 40°C, y durante las noches un aumento en la humedad remanente en la cámara de secado. En base a la experiencia anterior se diseñó el nuevo equipo, en el que se introdujeron algunas modificaciones para estudiar el secado de hierbas aromáticas.

El secadero posee en su parte posterior (orientada al sur), puertas por donde se ingresará la carga en bandejas con malla, las cuales se disponen a distintas alturas en el secadero. El aire circula a través de las mismas y es forzado a salir mediante el empleo de un "rotor de Savonius" en el techo del mismo. El ingreso de flujo de energía radiante se efectúa mediante un colector solar plano de aire ubicado en la parte opuesta a la zona de carga, el cual consta de una placa absorbidora negra de inclinación regulable y cubierta de vidrio. La orientación del equipo es norte-sur, ubicándose el colector al norte. En la figura 1 se muestra un esquema de este diseño.

Se mantuvo el material de origen (madera) al que se trató mediante un recubrimiento especial proporcionado por una firma de plaza.

Es posible mejorar la operación de este secadero, mediante el traslado de bandejas a medida que el producto que se seca en contacto con el aire más caliente de entrada es retirado del equipo.

## CONDICIONES METEOROLÓGICAS DE LA ZONA

La Facultad de Ingeniería de Montevideo se encuentra ubicada a 34° 55' 19" de Latitud Sur y 55° 89' 0" de Longitud Oeste. A 500 metros al noreste se encuentra la Facultad de Arquitectura, en la cual se realizó un relevamiento de datos de insolación sobre plano inclinado durante un año por parte de investigadores del Instituto de Física (3). De este trabajo surge que sobre un colector inclinado 40° desde la horizontal y orientado al norte se obtendrían valores promedio de 430 gcal/cm<sup>2</sup>día para los meses de agosto, setiembre y octubre, con un mínimo de 403 y un máximo de 454 gcal/cm<sup>2</sup>día.

Se dispone de datos de dirección e intensidad de los vientos, los cuales fueron relevados durante tres años por una estación meteorológica del Servicio Oceanográfico e Hidrológico de la Armada (7), situada a 800 metros de distancia al sur de la ubicación del secadero. En esta estación se efectuaron mediciones en forma horaria durante las 24 horas del día. Se utilizó un anemómetro BELFORT y se verificaron las mismas con un anemógrafo SIAP. En el relevamiento se indica el número de veces que se observa una determinada combinación de dirección e intensidad del viento. La intensidad del viento está expresada en la escala BEAUFORT. Del análisis de esta información surge que durante los meses de setiembre a febrero se producirían, con una frecuencia acumulada del 60%, vientos de hasta 30 km/h en los cuadrantes N-E y S-E.

## INFLUENCIA DE LAS CONDICIONES METEOROLÓGICAS EN EL DISEÑO

La circulación de aire dentro del secadero es producida por el movimiento de un rotor muy liviano externo al secadero y conectado a un eje, el cual acciona el movimiento de un ventilador que extrae por el techo el aire húmedo. En base a las condiciones meteorológicas de la zona descritas anteriormente, es posible decir que este tipo de circulación de aire es viable dado que se cuenta con recurso eólico suficiente (4) durante el período más favorable de operación. Estas condiciones son extrapolables a otras localidades del territorio uruguayo.

## ASPECTOS DE DISEÑO PARA EL PLANTEO DE UN MODELO TÉRMICO

Es posible obtener la temperatura de entrada del aire caliente al secadero en función de la temperatura ambiente, la radiación solar incidente y el caudal de aire, mediante un balance de energía en el colector (3). Para el planteo de un balance de masa para el producto, es posible utilizar dos modelos de secado: en capa fina (9) o en lecho profundo. El segundo ha sido utilizado para el secado de granos, cuando la profundidad alcanzada por el grano dentro del secadero es significativa. En el secadero de bandejas utilizado, el aire circula a través de las bandejas y la humedad y la temperatura de éste varían en cada una de ellas. Estas condiciones hacen que en principio no pueda descartarse el segundo modelo, dado que éste supone la existencia de múltiples capas sucesivas con condiciones variables de temperatura y humedad para el aire que ingresa y egresa de cada una de ellas (8).

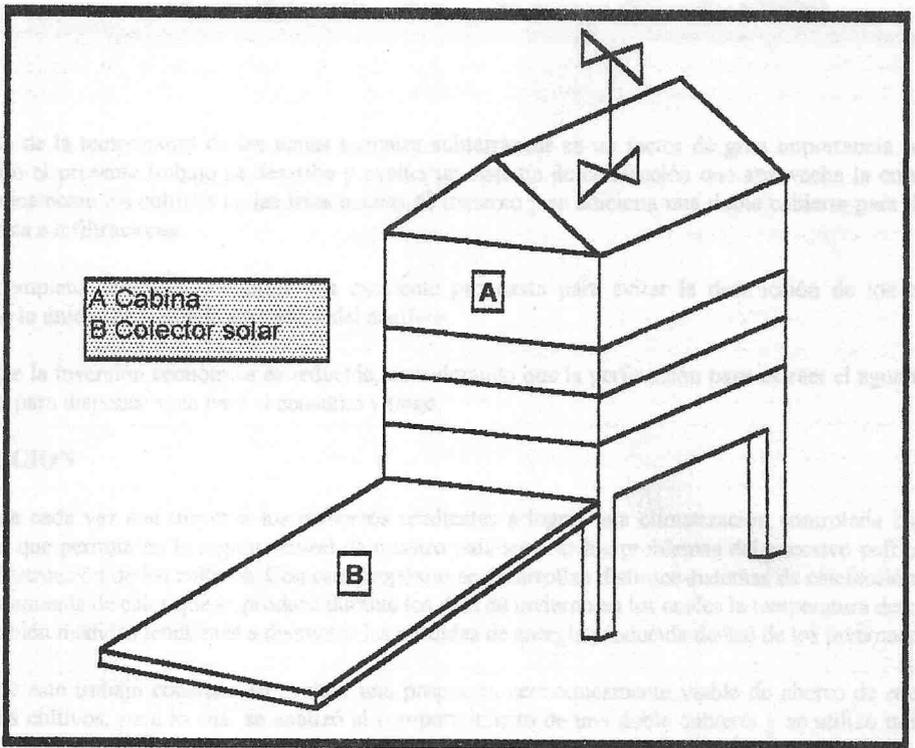
A los efectos del planteo de un balance térmico, es posible utilizar la metodología empleada por S. Chirarattananon (2). Se encuentra un volumen de control representativo dentro del secadero y se plantean las ecuaciones de balance a los efectos de modelar el comportamiento del mismo. Este modelo permite estimar la energía absorbida por el secadero y las pérdidas de calor. También es posible verificar las suposiciones realizadas mediante la estimación de temperaturas dentro del secadero, las cuales se comparan con temperaturas obtenidas experimentalmente.

## CONCLUSIONES

El trabajo con este secadero buscará encontrar condiciones óptimas de operación, ajustar un modelo basado en las variables a medir y extrapolarlo para otras condiciones. Los resultados a obtener serán fundamentales para el desarrollo de las tareas que realiza la cooperativa mencionada, siendo también un aporte para el necesario relacionamiento Universidad-Industria.

## REFERENCIAS

1. Bala, B.K., Woods, J.L., Simulation of the indirect natural convection solar drying of rough rice, *Solar Energy* 53, 259-266 (1994)
2. Chirarattananon, S., A steady-state model for the forced convection solar cabinet dryer, *Solar Energy* 41, 349-360 (1988)
3. Duffie, J., Beckman, W., *Solar Energy of thermal processes*, Wiley, N.Y. (1980)
4. Duomarco, J.L., Luongo, C.A., Año solar típico para el Uruguay, Ed. Dirección General de Extensión Universitaria (1980)
5. Imre, L., *Solar Drying, Handbook of industrial drying*, vol. 1, Ed. Arun Mujumdar (1987)
6. Saravia, L., Horn, M., El secador solar, Ingeniería del Secado Solar, Ed. Corvalán, R. et al. (1992)
7. Servicio Oceanográfico e Hidrológico de la Armada, Planillado de Estación Meteorológica de Punta Brava, Montevideo (1979)
8. Sodha, M., Bansal, N., *Solar crop drying*, CRC Press (1987)
9. Zaman, M.A., Bala, B.K., Thin layer solar drying of rough rice, *Solar Energy* 42, 167-171 (1989)
10. Zimberg, B., Vignolo, M., Moreira, J., Duomarco, J., Ensayo de un secadero solar de pescado, Inédito (1995)



**Fig.1. Esquema del secadero de gabinete construido.**

Las características del sistema que conforma la propuesta de desarrollo, ejemplo de colocación adecuada y de datos por

- 1) 3 botones de control.
- 2) Doble cubierta.
- 3) Fibra cerámica.
- 4) Sistema de circulación de aire.

La cámara de distribución de aire se fabricó con paneles de fibra de vidrio de 200 µm de espesor, en nivel del suelo entre los paneles se usó las varillas de aluminio de las operaciones transformando una botella vacía. Existe una válvula de escape de vapor en la parte superior del circuito que regula el caudal que fluye por él a 0,25 litros/s. La disposición de la cámara evita el golpe de vapor que se evita otro inmediatamente hacia los lados de la planta y hasta el exterior del sistema. El agua que abandona el circuito se utiliza para las exterior, con respecto la falta de resistencia térmica, pero se produce en esta región durante el invierno.

En la construcción de la doble cubierta se usó el aluminio inoxidable de 50 µm de espesor. Su función es disminuir las pérdidas por convección, evitar el escape de vapor que resulta muy importante y puede por cuanto la región superior ventosa durante todo el día, a 2,00 m/s para los ruidos de mayo, junio, julio, el calor de la cabina genera grandes fluctuaciones de temperatura. Con la doble cubierta está que el agua de que contiene agua caliente.

En el sistema de agua a 20-25°C como fluido de trabajo, el agua que se utiliza proviene de un sistema característico su parte y controla su temperatura, se le usa agua caliente, como una fuente inagotable de energía. El sistema de circulación de agua está formado por una bomba de agua, 11-284 con una tarjeta de separación 16 canales y 12 flujos, que se circula a través de un sistema de tuberías para el día.