

DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y ENSAYO DE UN SECADOR SOLAR CON COLECTOR DE DOBLE PASO Y MATRIZ POROSA

Martínez Carlos – martinec@unsa.edu.ar

Universidad Nacional de Salta, Fac. Cs. Naturales

Condorí Miguel – miguel.angel.condori@gmail.com

Albesa Federico Javier – federico.j.albesa@gmail.com

Instituto de Investigaciones en Energía no Convencional (INENCO)

Universidad Nacional de Salta (UNSa)

Concejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

Resumen. Se presenta el diseño, la construcción y los resultados del ensayo de un secador solar para productos alimenticios. El secador es un híbrido solar-eléctrico, indirecto con respecto a la incidencia de la radiación solar sobre el producto y de convección forzada con ayuda de un ventilador eléctrico. La cámara de secado tiene una capacidad de carga de 20 kg de producto fresco con una densidad de carga de 10 kg/m² de bandeja. Está provisto de un calentador solar de aire del tipo de matriz porosa de doble paso. La cabina del secador es en sí misma un calentador de aire ya que está recubierta con policarbonato transparente alveolar de 4 mm. Se presentan los detalles constructivos y los ensayos con distintos caudales. Se presenta la curva de eficiencia térmica del secador en función del caudal, a partir de la cual se puede determinar el caudal óptimo para el máximo rendimiento. Para este punto máximo se obtuvieron valores de eficiencia cercanos al 54 % con caudal de aire de 0,06 m³/s.

Palabras clave: Secador híbrido, colector de matriz porosa

1. INTRODUCCION

El secado solar es una práctica ancestral para la conservación de los alimentos. Ya en la antigüedad los pueblos agrícolas utilizaban este método para la conservación de los cereales y las legumbres. Con el tiempo estas prácticas se extendieron a todo tipo de alimentos: verduras, hortalizas, frutas, setas, carnes, pescados, especias e hierbas aromáticas, entre otros (Murthy, 2009).

La aplicación del proceso de secado conduce a la deshidratación de los alimentos, hasta niveles de contenido de agua que inhiben la aparición de condiciones favorables para el desarrollo de mohos, levaduras, bacterias y enzimas, evitando de esta manera su descomposición. En otras palabras, el proceso de secado deviene a alimentos más resistentes a daños y estos pueden conservarse por mucho más tiempo manteniendo una elevada proporción de su valor nutritivo original (Saravia & Espinoza, 2010).

Es de esperar que la práctica de secado tradicional que todavía se realiza en muchas regiones, en la que se extiende el producto a secar en el suelo o en tendaleros con exposición directa al sol y a las condiciones ambientales, disminuya en el tiempo, ya que existe una tendencia a reemplazarla por secadores solares tecnificados. Esta tendencia se explica por las ventajas que ofrece esta tecnología con respecto a la forma tradicional. Entre estas se destacan (Condorí *et al.*, 2006; 2008):

- La mayor rapidez del proceso de secado.
- La mejor calidad y homogeneidad del producto final obtenido.
- La significativa disminución de la contaminación del producto seco debido al efecto de polvos, insectos, heces de aves y mamíferos, etc.
- La disminución de pérdida de producto por podredumbre o enmohecimiento al no quedar expuesto al rocío y a la lluvia.
- La mejor conservación del valor nutritivo y color, que se pierde con el secado tradicional debido a la exposición directa al sol y a la acción de la radiación ultravioleta.
- La posibilidad de ingresar a mejores mercados de comercialización que exigen normas de calidad.

Todas estas ventajas de la tecnología de secadores solares permiten la obtención de un producto con mayor calidad nutritiva, mayor sanidad, mejor aspecto y un mayor rendimiento en cantidad de producto seco obtenido. Las tres primeras representan beneficios tanto para el consumidor como para el productor; y todas son de alto impacto para el productor, ya que le permiten obtener un mejor precio de mercado para el producto seco final. De lo antes expuesto surge la necesidad de diseñar y construir secadores solares más eficientes y que cubran las necesidades de los productores.

En el presente trabajo se presenta el diseño, construcción y ensayo de un pequeño secador híbrido solar-eléctrico con colector de matriz porosa de doble paso. Los ensayos que se presentan tienden a encontrar el punto de máxima eficiencia térmica en función del caudal de aire.

2. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SECADOR SOLAR

El secador fue construido en Salta capital, Argentina (Latitud 24° 48' S; Longitud 65° 25' O). Este secador puede clasificarse como del tipo activo, híbrido solar-eléctrico. Está provisto de un colector de matriz porosa de doble paso con una inclinación de 35° respecto de la horizontal para favorecer la captación solar en el periodo de invierno (Fig. 1). Las dimensiones de la cabina de secado son 0,75 m de ancho, 0,70 m de alto y 0,65 m de profundidad. Puede alojar cinco bandejas de 0,60 m por 0,70 m, con 10 cm de separación entre sí, es decir un total de 2 m² de área de bandejas. La capacidad de carga dependerá de la densidad de carga del producto a secar, en el caso de utilizar 10 kg/m² es aproximadamente de 20 kg de producto fresco. Además, el secador tiene seis ruedas para facilitar su orientación respecto del sol y optimizar la captación solar y el proceso de secado.



Figura 1- A. Secador con colector de matriz porosa de doble paso. B. Vista posterior del secador

La cámara de secado posee una puerta para la carga y descarga del producto en su parte posterior. La misma se encuentra aislada térmicamente con lana de vidrio a fin de disminuir las pérdidas de energía al exterior. El aislamiento térmico del piso de la cámara se realizó con lámina de espuma de polietileno de 10 mm de espesor, que tiene incorporada en una de sus caras un film aluminizado y que es conocida en el mercado como TBA10. De acuerdo a las características técnicas especificadas por el fabricante, la resistencia térmica del TBA de 10 mm es de 1,07 m²K/W, equivalente a la lana de vidrio con densidad de 14 kg/m³ de 50 mm de espesor. En la parte superior de la cabina se colocó un extractor eléctrico que extrae el aire húmedo del interior de la cabina de secado. La velocidad de giro del ventilador se controla mediante un dispositivo electrónico externo (dimmer).

2.1 El calentador solar de aire de doble paso

El cajon del colector se construyó de chapa galvanizada lisa de 1,22 m x 2,15 m. Se procedió al plegado considerando las dimensiones que se indican en la Fig. 2.A, de forma tal que el alto y ancho del cajon es fue de 0,10 m y 0,74 m respectivamente. Luego se plegó otra chapa galvanizada en forma de U de 0,03 m de aletas x 0,70 m de ancho x 2,10 m de largo. Con esta última el cajón puede ser dividido en dos canales para el paso del aire, siendo el canal inferior en donde se coloca la matriz porosa.

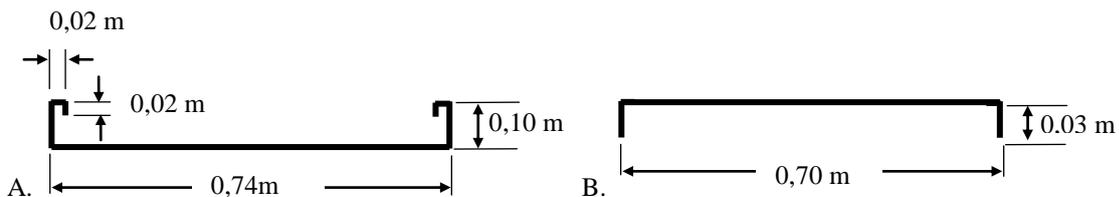


Figura 2- Detalle de plegado de las chapas que son componente fundamentales del colector placa plana.

Como material poroso se utilizó Metal Desplegado liviano generalmente utilizado en construcción con yeso. Este es una malla metálica de 2,00 m x 0,70 m, de una sola pieza, sin costura, ni soldadura alguna. Se procedió a trabajar con

el metal desplegado, cortandolas en tamaños de 0,30 m x 0,70 m aproximadamente. Luego, estas láminas fueron enrolladas hasta adquirir la forma de un paralelepípedo rectangular de dimensiones 0,70 m x 0,08 m x 0,03 m. Luego fueron pintadas de color negro mate con el objeto de mejorar la absorción de calor.

En la Fig. 3 se muestran los componentes del colector donde se puede apreciar el orden en el que se colocaron los distintos elementos. Empezando desde la parte inferior con el cajón del colector, luego se cortó a medida la lana de vidrio y se la colocó con cuidado de manera que adopte la forma del contenedor y dejando la lámina de aluminio mirando hacia arriba. Luego se acomoda la matriz porosa (es decir los rollos de material desplegado) en una sola capa sobre la lana de vidrio hasta llenar el largo del cajón. A continuación se coloca la chapa en forma de U que se muestra en la Fig. 2B, y finalmente se coloca la cubierta transparente. La misma se pegó con sellador siliconado sobre las alas de 2 cm del cajón y luego, se colocó un perfil en L de chapa galvanizada por arriba y se atornilla de manera que sujete el policarbonato al cajón, rigidize todo el colector y proporcione terminación adecuada al colector.

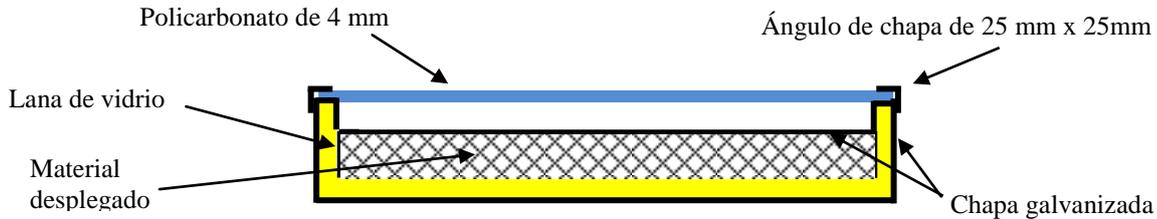


Figura 3- Detalle de la ubicación de los componentes del colector poroso y una vista transversal ya completo.

En la Fig. 4B. se muestra un esquema de un corte transversal del colector de matriz porosa de doble paso ya terminado, donde se puede apreciar los dos canales por donde circula el aire. Por un lado una cámara superior de aproximadamente 25 mm de alto entre la chapa en U y la cubierta, y por otro lado un canal de 0,03 m en la parte inferior. De esta forma el colector tiene dos canales conectados por un extremo para el paso de aire, el superior libre y el inferior con matriz porosa. En la Fig. 4 se tiene una visa del colector armado (Fig. 4A) y en la Fig. 4B se muestra un esquema de circulación del aire. Este ingresa por la parte superior y es forzado a circular entre el policarbonato y la chapa hacia el canal inferior del colector, para luego retornar atravesando el material poroso, antes de ingresar a la cabina de secado (Fig. 4B). A este sentido de circulación del flujo se debe la denominación de este tipo modelo de colector como de doble paso contracorriente con matriz porosa.

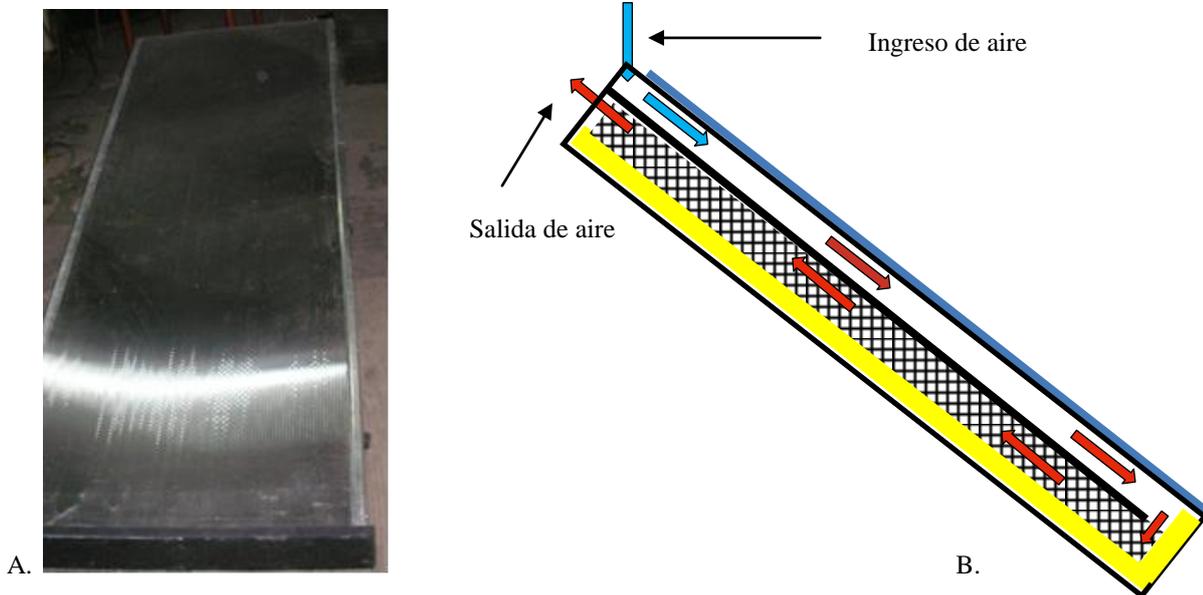


Figura 4 - A. Colector completo. B. Vista de corte lateral del colector, se indica el trayecto que sigue el flujo de aire en el interior del colector.

2.2 La cabina de secado

La cabina de secado fue construida de caño estructural de 40 mm x 40 mm x 1,2 mm, montada sobre cuatro patas, a las que se les colocaron ruedas. Esta estructura fue cubierta en su interior con chapa negra, y las caras interiores y exteriores de la chapa fueron pintadas de color negro mate (Fig. 5).

La puerta de la cabina se construyó con caño estructural 20mm x 20mm x 1,2 mm con dos chapas galvanizadas atornilladas al marco de caño estructural. En el interior de la puerta se colocó aislación térmica para impedir fugas de energía al exterior. La puerta se fijó a la cabina con dos bisagras y se le colocó un cierre para que la mantenga cerrada

ejerciendo una presión sobre la cabina. Se colocó en el contorno de la puerta un burlete de goma de 4 mm de espesor x 30 mm de ancho para asegurar un cierre hermético.

En los caños que constituyen la cabina de secado y limitan la cara norte y sus laterales se efectuaron ranuras. Estas ranuras permiten que el aire ingrese a temperatura ambiente, por la parte superior de la cabina entre la chapa y el policarbonato, se precaliente antes de ingresar al colector. Este diseño presenta una importante mejora en el rendimiento de todo el sistema, ya que de esta forma la temperatura del aire que ingresa al colector es mayor que la del ambiente, realizando una recuperación de calor de la cámara de secado (Fig. 5).

Luego de pintar de negro mate la superficie exterior de la chapa que constituye la cabina se cubren las caras norte y laterales con policarbonato alveolar de 4 mm transparente sellándolas con pegamento siliconado. De esta forma se consigue que la cabina se convierta en otro colector (conectado en serie) que precalienta el aire antes de ingresar al colector de matriz porosa. La cámara de aire entre la chapa de la cabina y la cubierta transparente de policarbonato es de 40 mm. (Fig. 6A y 6B). La última etapa de montaje de la cabina consiste en colocar unos perfiles atornillados para fijar el policarbonato a la estructura metálica.



Figura 5 - Ranuras en la estructura de la cabina de secado. En A y B se indican las ranuras en los parantes laterales y C Ranurado en el parante superior.

Se realizó un agujero en la parte superior de la cabina de 15 cm de diámetro para colocar el extractor de aire encargado de hacer circular el aire por el sistema. Otro detalle constructivo importante es la entrada de aire ambiente al sistema. Esto se consigue haciendo una abertura en el policarbonato de 4 cm x 20 cm, en la parte superior de la pared norte y otras dos aberturas de 4 cm x 10 cm aproximadamente en la parte superior de las paredes laterales como se indican en las Fig. 6B. A estas entradas se les colocó una malla de tela antiáfidos para evitar el ingreso de insectos al sistema.

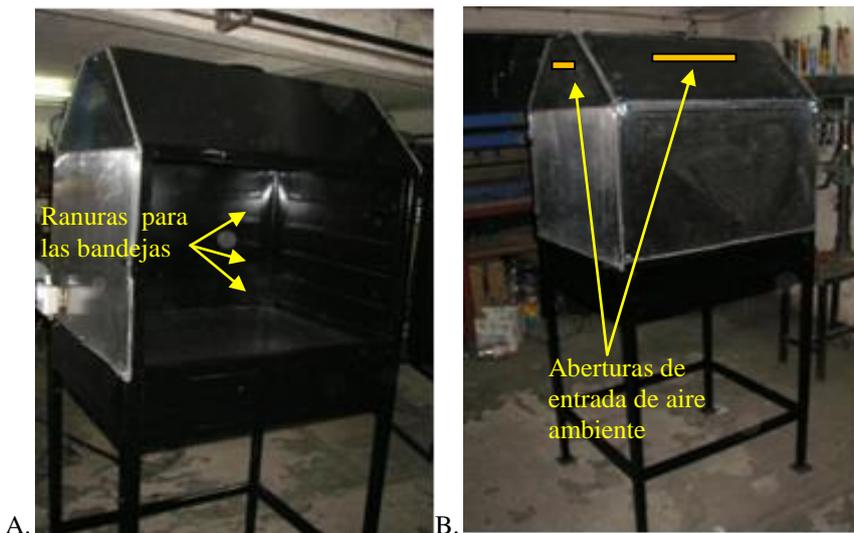


Figura 6 - Fotografías de cabina de secado. A. se observa un lateral con policarbonato y el interior de la cabina. B: Se observa la cabina ya terminada con la cubierta transparente ya fijada y sellada.

Las bandejas para colocar el producto a secar, se construyeron con caño estructural de 10 mm x 20 mm x 1,2 mm. Se armaron 5 marcos de 60 x 70 cm pintados de negro mate. A estos marcos se le colocó una malla cuadrículada plástica con orificios de 1 cm x 1 cm como se muestra en la Fig. 1B. donde se observa dos bandejas con producto a secar.

De acuerdo a la clasificación enunciada, este secador se define como un secador híbrido solar-eléctrico, posee un sistema de calentamiento con resistencias eléctricas como alternativa para días nublados o para secar en horarios durante los que no hay radiación solar. El sistema híbrido se realizó con dos resistencias calefactoras de 400 W cada una conectada en paralelo con la posibilidad de encender una o las dos juntas si hiciera falta.

Cuando el sistema necesita del calentamiento alternativo es necesario evitar que el aire circule por el colector (ya que el colector en esa condición está a una temperatura inferior a la del ambiente y si el aire pasa por el mismo se enfriaría aún más). Por ello se debe contemplar un mecanismo que dirija el flujo de aire en el sistema, de forma tal que cuando se necesite secar con energía solar, el aire ambiente ingrese por las ventanas indicadas en 6B y que este aire sea conducido a través del colector de doble paso y luego ingrese a la parte inferior de la cámara de secado para luego salir al ambiente nuevamente por el techo del secador. Y cuando sea necesario secar utilizando energía eléctrica el aire ambiente tiene que ingresar por la misma ventana 6B y luego a la parte inferior de la cámara de secado (donde se encuentran las resistencias calefactoras), sin pasar por el colector, para luego salir al ambiente por el techo de la cámara de secado.

Por lo antes mencionado se diseñó y construyó un doble sistema de válvulas de apertura y cierre, como se muestra en las Fig. 7A y 7B. para ser comandadas desde afuera del secador.



Figura 7 - Detalle del sistema de válvulas que controla del flujo de aire. A. La válvula está abierta lo que permite el paso del aire por el colector. B. La válvula está cerrada evitando que circule el aire por el colector.

El sistema de válvula de corte direcciona el flujo de aire en el secador. Cuando hay radiación solar, el aire ambiente ingresa por la parte superior de la cabina (punto A de la Fig. 8). Al fluir entre el espacio que queda entre la cubierta de policarbonato y el exterior de la cabina (punto B, Fig. 9) se precalienta, tanto por efecto invernadero por la radiación que atraviesa la cubierta, como por estar en contacto con la cabina de secado que se encuentra a mayor temperatura que el aire que ingresa. Bajo estas condiciones de radiación solar presente, las válvulas están abiertas (Fig. 7A y punto C, Fig. 8) y por lo tanto el aire fluye por el colector entre la placa absorbente y la cubierta transparente (punto D, Fig. 8).

El retorno del aire se produce a través de la matriz porosa (punto E, Fig. 8) para finalmente ingresar en la cabina de secado. El flujo de aire contra corriente en el colector es posible por la acción del extractor de aire (punto F, Fig. 9).

En ausencia de radiación solar, las válvulas se cierran y se enciende la resistencia eléctrica calefactora ubicada en la parte inferior de la cabina (Fig. 9B). En estas condiciones el flujo de aire ingresa por la parte superior de la cabina (punto B, Fig. 9). Al cerrarse las válvulas (Punto C, Fig. 9) el aire es obligado a fluir directamente a la cabina de secado, sin pasar por el colector, por la acción del extractor de aire (Punto D, Fig. 9).

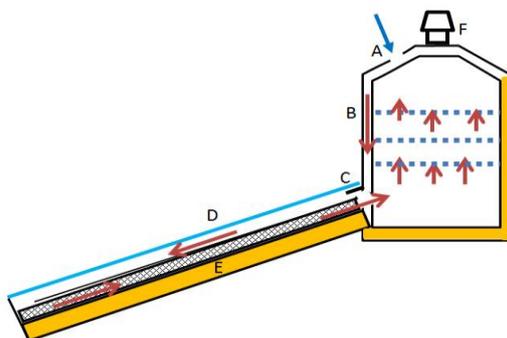


Figura 8 - Esquema de flujo de aire con válvulas abiertas. El aire ingresa por A pasa por el exterior de la cabina ingresa al colector y luego a la cabina de secado.

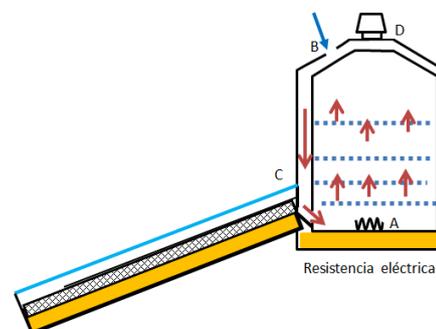


Figura 9 - Esquema de flujo de aire con válvulas cerradas, el aire es obligado a circular desde B hasta la cabina de secado sin pasar por el colector.

3. MEDICIONES Y RESULTADOS

Las primeras mediciones se realizaron durante 4 días claros entre el 30 de julio y el 4 de agosto y se registraron datos de radiación solar con un piranómetro clase II SOLAR-LIGHT PMA 2144 en el plano del colector, se colocaron diez termocuplas tipo K para medir temperaturas; una ambiente, cinco en el colector: a la entrada, a la salida, en el punto medio, en la chapa absorbidora y en el material poroso. También se conectaron 4 termocuplas en el interior de la cabina de secado: una en la cara norte, otra en la cara este, otra en la cara oeste y otra registrando la temperatura del aire en el centro de la cabina. Asimismo se registraron datos de velocidad de aire y viento con un anemómetro TSI modelo 8455-300-1 en una sección transversal del colector a una distancia de 1 metro de la boca de entrada del colector. Todos los sensores estuvieron conectados a un datalogger novus FieldLogger 512K y a otro CR1000 de Campbell. Se realizaron cuatro experiencias en el secador en vacío (trabajando sin carga) donde se cambió el flujo de aire del extractor y se determinó el rendimiento del secador (es decir considerando el conjunto de colector y cabina de secado).

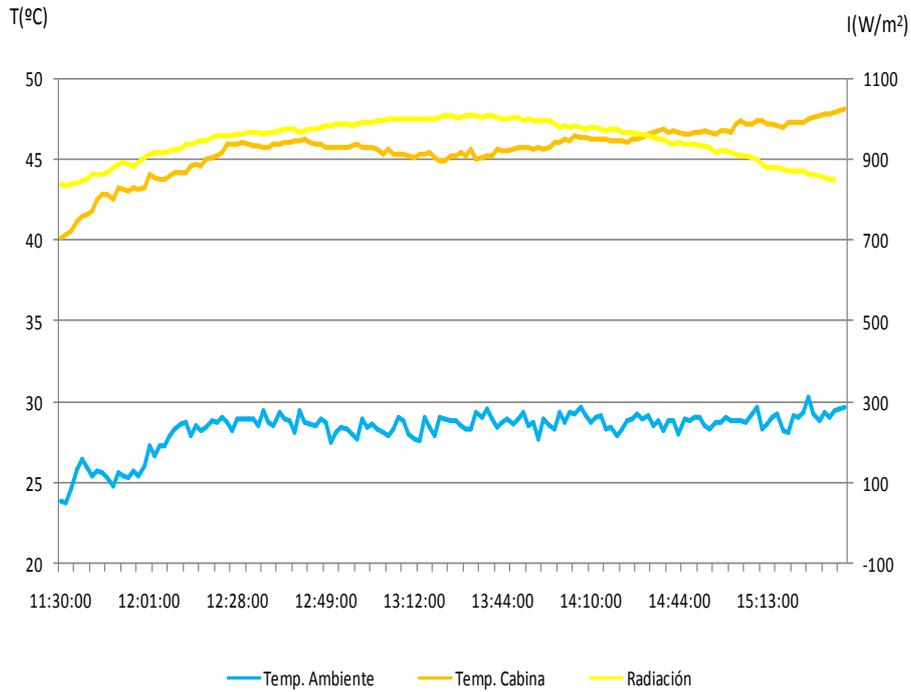


Figura 10 - Muestra los datos registrados para una de las experiencias (3 de agosto)

La determinación del rendimiento térmico se realiza con los datos registrados en un lapso de tiempo alrededor del medio día solar de estos cuatro días, teniendo en cuenta el consumo de energía eléctrica del extractor de aire que funciona permanentemente. En Fig. 10 se muestran los datos medidos de radiación solar sobre el plano del colector, la temperatura en la cámara de secado y la temperatura ambiente para el día 3 de agosto para un lapso de tiempo de aproximadamente cuatro horas alrededor del medio día solar.

El rendimiento para cada día y para cada instante medido de ese día se calculó mediante la Ec. (1) (Duffie and Beckman, 1980):

$$\eta = \frac{Q_u}{IA_c + P_e} \quad (1)$$

en donde :

$$Q_u = \dot{m}c_p (T_{cab} - T_{amb}) \quad (2)$$

Q_u : Calor útil del secador como colector solar

I : Es la radiación que llega al plano del colector

A_c : Area del colector mas área proyectada sobre plano inclinado de la pared norte

P_e : Potencia eléctrica, consumo del ventilador

\dot{m} : flujo másico del aire

c_p : capacidad calorífica del aire

T_{cab} : Temperatura de la cabina

T_{amb} : Temperatura ambiente

Primero se realizaron 4 experiencias cada una de ella con diferentes caudales, esto fue posible ya que se contó con un dispositivo electrónico para modificar las revoluciones del extractor de aire. Se establecieron 4 caudales de aire diferentes 0,007 m³/s, 0,014 m³/s, 0,03 m³/s y 0,07 m³/s, los cuales fueron calculados a partir de la medición de la velocidad media del aire en el canal superior del colector. Los respectivos rendimientos del secador se calculan a partir de la ecuación (1) . Para cada experiencia se realizó un promedio del rendimiento instantáneo alrededor del mediodía solar (20 minutos antes y 20 minutos despues) y los resultados obtenidos se muestran en la Tab. 1 y la Fig. 11. Con estos valores se confeccionó un gráfico de rendimiento del secador contra el caudal de aire. Se agregó una curva de tendencia polinómica de grado dos, que mejor ajusta a los datos obtenidos, al maximizar la ecuación que define esa curva se obtuvo el valor de caudal que produce el rendimiento óptimo. Dicho valor resultó 0,059 m³/s . A fin de verificar este ultimo resultado, el día 24 de agosto se estableció manualmente un flujo másico de 0,049 m³/s, aproximado al máximo teórico y se repitió el ensayo, obteniendo una coincidencia entre el valor de rendimiento de la curva de ajuste y el valor calculado de rendimiento.

Tabla 1 – Datos registrados y promediados para los distintos días de ensayo

Dia	Caudal [m ³ /s]	Tcab – Tamb [°C]	Radiacion [W/m ²]	Rendimiento [%]
30 – 07 -2015	0,007	17,9	1093	8,6
31 – 07 -2015	0,014	16,9	1002	17,3
03 – 07 - 2015	0,070	11,6	984	53,0
04 – 08 – 2015	0,030	11,6	989	41,0
24 – 08 - 2015	0,049	13,8	1049	54,0

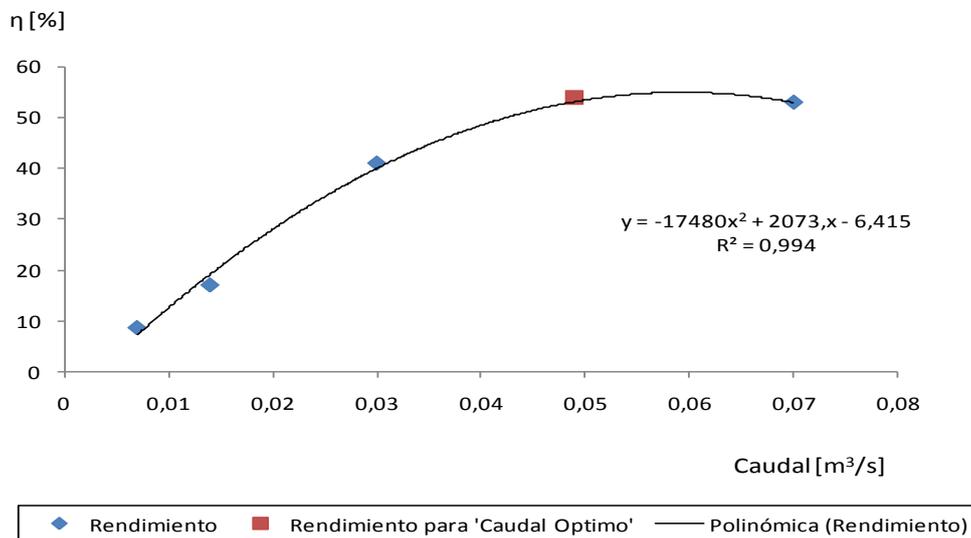


Figura 11 - Rendimiento del colector y del secador (colector–cabina) en función del caudal

En la Fig. 11 se muestran los resultados de eficiencia térmica promedio calculadas al mediodía solar para cada uno de los caudales antes mencionados. Ajustando los datos de eficiencia en función del caudal se obtiene una buena correlación (ajuste 0,99) con una curva polinómica de segundo grado. Se observa que el máximo de eficiencia térmica 55 % se obtiene con un caudal de 0,6 m³/s aproximadamente y el valor de verificación (color rojo).

4. CONCLUSIONES

Se muestra la construcción y el ensayo para determinación de flujo de aire que optimiza el rendimiento térmico de un secador con colector de matriz porosa de doble paso de aire. Estos colectores suelen ser de mas alta eficiencia que

los de paso simple, en este caso se obtuvieron eficiencias del 55 %. En esta versión del secador se utiliza la recuperación del calor que se perdió en la cámara de secado para precalentar el aire que ingresa al colector.

Se obtuvieron temperaturas en la cámara de secado en el rango de 50 °C a 60 °C que son adecuadas para secar la mayoría de los productos agrícolas.

En las experiencias realizadas se obtuvo un valor máximo para el rendimiento del secador alrededor del 54 % para un caudal de 0,06 m³/s. Ajustando los puntos de eficiencia alrededor del medio día solar, el máximo rendimiento teórico del secador se obtiene con un flujo de 0,059 m³/s, según los datos usados para la construcción de la curva que mejor ajusta los datos experimentales. Para este punto, la eficiencia teórica es 55%. El rango de caudal para obtener puntos de eficiencia con valores cercanos al óptimo puede ser comprendido de 0,045 m³/s a 0,070 m³/s.

A partir de éstas experiencias se propone se realizar experiencias que consideren distintas temperaturas de entradas con el caudal óptimo, que también permitirá la caracterización del colector. Además, se realizarán experiencias de secando con diferentes productos alimenticios a fin de caracterizar el comportamiento de la cámara de secado.

Respecto a la comparación de los resultados obtenidos con otros colectores similares, en Sopian, et al. 2006, se analiza la eficiencia térmica de colectores solares con absorbedor poroso, encontrándose valores superiores al 80%, con incrementos a la salida superiores en 20 °C respecto a la entrada, pero con colectores mas pequeños. Nuestro caso se traía de un colector de tamaño adecuado para complementar una cabina de secado y de construcción simple por lo que es de esperar una menor eficiencia.

REFERENCIAS

- Condorí M, R. Echazú, G. Duran, L. Saravia. 2008. Secador solar híbrido. Diseño y construcción Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 12. Impreso en la Argentina. PP. 2-37, 2-43.
- Condori M. Echazú R Saravia L. 2006. Secador solar indirecto con flujo de aire forzado para Huacalera, quebrada de Humahuaca Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 10., Impreso en la Argentina. Pag. 2-47, 2-54.
- Duffie J., Beckman W. 1980. Solar Engineering of Thermal Processes. Second Edition. Ed John Wiley & sons, Inc. (Capítulo 6)
- Espinoza R. Saravia L. Secado Solar de Productos Agroalimentarios en Iberoamérica 2010. Red Iberoamericana de secado solar de producto agroalimentarios. CYTED. Cooperación Iberoamericana.
- De Castro Melo E, Condori M. Grossi, H., Righini, R. , Hernández, A., Saravia, L, Altobelli, F. 2010. Recurso Solar, Propiedades del aire y potencial de secado. En Secado solar de productos agroalimentarios en Iberoamérica. Editores Espinoza, R. y Saravia, L. Editores Iberoamericana de Secado Solar de Productos alimentarios. RISSPA.
- Murthy Ramana M.V. 2009. A review of new technologies, models and experimental investigations of solar driers. Department of Mechanical Engineering, Osmania University College of Engineering, Osmania University, India. Energy Review. 13 pp 835-844
- Sopian K, Alghoul, M.A. Ebrahim M. Alfegi M.Y (2006) Evaluation of thermal efficiency of double-pass solar collector with porous–nonporous media. Renewable Energy 34 640–645.

DESIGN, CONSTRUCTION AND TESTING OF A SOLAR DRYER WITH A COLLECTOR OF DOUBLE STEP AND POROUS MATRIX

Abstract. This paper presents the design, construction and experimental results of a solar dryer for food products. The dryer is a solar and electrical hybrid, indirect with respect to the incoming solar radiation, and forced convection. The dryer has a load capacity for 20 kg fresh product with a load density of 10 kg/m² of tray, and is equipped with a solar air heater based on a double-pass porous matrix. The dryer chamber itself is a collector covered with 4 mm alveolar transparent polycarbonate. Construction details and experiments with different flowrates are presented in order to determine the optimum performance. The thermal efficiency curve for both the collector and the dryer is presented. Efficiency values about 54 % are obtained with an airflow of 0.06 m³/s.

Keywords: solar hybrid dryer, porous matrix collector.