

DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y ENSAYOS PRELIMINARES DE UN SECADOR SOLAR DE PIMIENTO PARA PIMENTON EN SAN CARLOS, VALLE CALCHAQUÍ, ARGENTINA

Gonzalo José Durán – gonzalo.jose.duran@gmail.com
Miguel Angel Condorí – miguel.angel.condori@gmail.com
Gabriel Diaz Russo – gabriel.diazrusso@gmail.com
Universidad Nacional de Salta, CONICET, INENCO

Resumen. Se presenta el diseño, construcción y primeros ensayos de un secador solar activo de tipo indirecto, destinado a la producción de pimentón. El secador utiliza un banco de 32 calentadores solares de aire de 7,32 m de largo y 0,94 m de ancho. Un motor de 4 HP a 1500 rpm fuerza el aire caliente de los colectores a ingresar a una cámara de secado de dimensiones 1,8 m de alto, 16,8 m de largo y 3 m de ancho. En la cámara, el producto es dispuesto en 22 carros, permitiendo una carga máxima de 4610 kg. Se realizaron ensayos de funcionamiento del sistema durante su primer año de uso, con carga de 3500 kg de pimiento. Fueron medidos valores de temperatura ambiente, velocidad de viento y radiación solar global horizontal; temperatura de aire a la entrada y salida de dos colectores solares, en el caño maestro y a la entrada y salida de la cámara de secado. Además se midió la humedad relativa en la entrada y salida de la cámara de secado, y el flujo de aire dentro del secador. Los resultados muestran un incremento de 35 °C entre la temperatura de entrada y salida de los colectores solares y temperatura de 55°C a la salida de la cámara de secado, con humedad relativa de 20%. Los resultados indican que el sistema genera energía suficiente para secar la carga en un par de días soleados y para incrementar la capacidad de carga.

Palabras clave: Secado solar, Calentadores solares de aire, Agroindustria.

1. INTRODUCCIÓN

La producción de pimiento para pimentón es una de las actividades económicas de mayor importancia en el Noroeste Argentino. El 90% de la producción nacional se concentra en los valles Calchaquíes y Santa María, entre las provincias de Salta, Catamarca y Tucumán, cultivándose cerca de 15000 Ha., que representan una producción aproximada de 70000 t. Pese a ello, el cultivo de pimiento para pimentón es una actividad económica de subsistencia, realizada por minifundistas que disponen de escasos recursos tecnológicos (Agrobit, página web).

Tradicionalmente, el pimiento se cultiva en suelo a mediados de la primavera del hemisferio sur, cosechándose desde fines de enero hasta mediados de abril. Una vez cosechado, es secado, molido y envasado, perdiéndose en la operación de secado entre el 80 y el 85 % de su peso en fresco. Como la humedad del aire en la zona de los Valles Calchaquíes es baja, el secado se realiza espontáneamente, de forma que los mismos agricultores secan su producción al aire libre, desparramando los frutos sobre el suelo, donde permanecen entre 15 a 21 días.

El secado al aire libre, conocido localmente como "secado en cancha" no permite obtener un producto de calidad, ya que el pimiento se contamina con tierra, insectos, hongos, microorganismos, etc., además de perder buena parte del color inicial al descomponerse los pigmentos por acción de la radiación solar.

Se han propuesto y aplicado diversos procedimientos para realizar el secado de pimiento utilizando energía solar y mediante sistemas solares híbridos con quema de leña. Los antecedentes de investigación del INENCO incluyen sistemas activos de secado solar, como el construido en Cachi, Salta, (Saravia *et al.* 1983; 1984), y los secadores industriales de Huacalera, Jujuy (Condorí, *et al.* 2007) y San Carlos, Salta (Condorí, *et al.* 2010).

La cooperativa Prosol Salta, formada por pequeños productores pimentoneros de la localidad salteña de San Carlos, inició sus actividades durante el año 2009, inaugurando una planta de acopio de pimiento para pimentón. Durante el año 2010 se inició el proceso de secado con tecnología solar, con un secador indirecto por convección forzada de 4,6 t de carga. El secador, de producción continua, fue diseñado por el INENCO, y financiado por la ONG ADESO, y por la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo.

2. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SECADOR SOLAR CONTINUO

Se diseñó y construyó un secador solar de escala industrial y producción continua para el secado de pimiento para pimentón. El secador, de tipo indirecto, posee una cámara de secado opaca a la radiación solar, de dimensiones internas 1,8 m de alto; 3 m de ancho y 16,8 m de largo. Un banco de colectores solares de aire de 220 m² de área de colección, conformado por 32 colectores solares, provee la energía necesaria para el proceso de secado.

La cámara de secado tiene la particularidad de integrar un banco de ocho colectores solares a la pared norte y al techo de la cámara de secado. Estos colectores, de 2,10 m de ancho, están diseñados para ser una fuente auxiliar de energía a un futuro invernadero de pre secado y maduración de color del pimiento cosechado. La salida de cada colector

de la pared está conectada con la entrada del colector superior del techo, de forma tal que el flujo que circula por ambos es el mismo. Así, la pared norte y el techo constituyen ocho pares de colectores de 3,4 m de largo cada uno.

La superficie total ocupada por el secador es 300 m². De ellos, 51 m² corresponden a la cámara de secado, 220 m² al banco de colectores, y 29 m² al caño maestro y el tramo de conexión del banco de colectores con la cámara.

La circulación del aire es forzada, mediante un ventilador centrífugo de 4 HP a 1500 rpm, ubicado entre la salida del banco de colectores y la entrada de la cámara de secado. De esta manera, el banco de colectores y el caño maestro funcionan en depresión, succionando aire ambiente, en tanto que la cámara de secado opera en sobre presión. El ventilador puede estar ligeramente descompensado, pero se busca que la pérdida de carga en el banco de colectores compense las pérdidas de carga por el producto en la cámara de secado.

El ventilador fuerza el ingreso de aire ambiente en cada colector, donde incrementa su temperatura por contacto con la placa absorbadora. Luego, el aire caliente que sale de los colectores ingresa al caño maestro en donde se suma el aporte de todos los colectores, obteniéndose la temperatura y caudal adecuados para el proceso de secado. Como la velocidad del flujo de aire en el caño maestro no es muy elevada, el poco polvo que ingresa al banco de colectores, después del filtro de aire, sedimenta por gravedad mejorando la limpieza del aire que ingresa a la cámara de secado.

En la cámara de secado el movimiento de los carros se realiza a contracorriente del flujo de aire: el ingreso de producto fresco se realiza en un extremo del secador, en tanto que en el extremo opuesto se extrae el producto seco. De esta forma se utiliza de manera continua el sistema y se produce un gradiente de secado con el flujo de aire. Así, los carros con producto seco se extraen por la puerta, lateral, más próxima al ingreso del aire caliente, mientras que se introducen por la puerta principal los carros con producto fresco, desplazando las dos columnas de carros hacia el extremo opuesto de la cámara.

Finalmente, el aire húmedo sale de la cámara de secado por dos ventanas ubicadas en la puerta de ingreso del producto fresco, donde es desechado a la atmósfera. En la Fig. 1 se describe en rojo el movimiento del aire caliente en el secador, y en verde el movimiento contracorriente de los carros con producto.

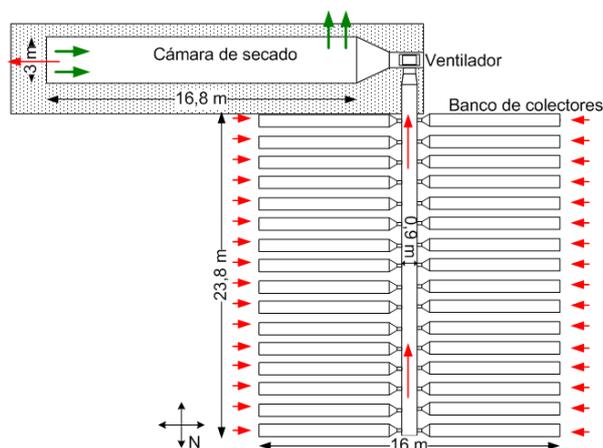


Figura 1: Vista de planta del secador solar de pimienta. En rojo, movimiento del aire. En verde, producto.

2.1 Banco de colectores solares de aire

El banco de colectores solares de aire está compuesto por 32 colectores, distribuidos en dos grupos de 16 ubicados a ambos lados del caño maestro. La separación eje a eje entre colectores es de 1,4 m, para permitir la circulación del personal y evitar el sombreado. Sus dimensiones son 0,94 m de ancho, 7,32 m de largo y 0,1 m de alto. Los colectores son rebatibles, permitiendo optimizar su pendiente respecto a la altitud solar.

El cuerpo del colector está construido en chapa galvanizada lisa, Fig. 2. En la cara interior se utilizó como aislación térmica lana de vidrio de 3,8 cm de espesor, con lámina de aluminio. El absorbedor es una chapa galvanizada ondulada pintada de negro mate, con una separación de 3 cm respecto al fondo del colector, permitiendo la circulación del aire por abajo y por arriba. La cubierta es de policarbonato alveolar transparente de 4 mm de espesor. El cierre entre la cubierta y el colector se realiza con sellador siliconado y con ángulos de chapa galvanizada sujetos con tornillos.

Para mejorar la incidencia de radiación solar sobre los colectores se incorporó un sistema de movimiento acimutal, Fig. 3, que permite variar la pendiente del colector siguiendo la altitud solar. Ensayos preliminares realizados sobre un prototipo muestran que el caudal óptimo de aire por colector es 350 m³hr⁻¹, con una velocidad de flujo de 1,8 ms⁻¹. Con este caudal el colector opera con eficiencia próxima al 50 %, con temperatura de salida en el rango de los 60 °C con una radiación solar media diaria mensual de 18 MJm⁻² (Condori, et al, 2006).

2.2 Caño Maestro

El caño maestro tiene aproximadamente 24 m de largo y está compuesto por dos tramos de distintas secciones, 0,90 m por 0,30 m y 0,90 m por 0,5 m de alto, respectivamente. El aumento de sección permite equilibrar la presión por

la suma de flujo de aire de cada colector, evitando un aumento brusco en la velocidad del aire, y en las pérdidas de carga. La última sección del caño maestro se une al ventilador mediante un acople de sección rectangular a una circular de 0,28 m de diámetro que coincide con la boca de entrada del ventilador.



Figura 2: Sección transversal del colector solar de aire, donde se aprecian los elementos constituyentes.

Las uniones de los colectores con el caño maestro se realizan mediante campanas de reducción, Fig. 3, de sección rectangular de 0,10 m de alto y 0,94 m de ancho, a una circular de 0,27 m de diámetro. Estas campanas, proporcionan una unión prolija con el caño maestro y permite el giro fácil de los colectores respecto a la altitud solar.



Figura 3: Sistema de rotación de colectores. Figura 4: Acople de caño maestro a motor.

2.3 Cámara de Secado

El aire caliente ingresa a la cámara de secado desde un difusor que conecta con el ventilador. El difusor, construido en chapa y aislado térmicamente, tiene la misma sección transversal de salida que el ventilador y una sección transversal mayor de 2,6 m², Fig. 4.

La cámara de secado tiene por medidas internas 1,8 m de alto, 16,8 m de largo y 3 m de ancho. Su estructura está construida en caños de 40 mm de lado en los verticales y de 40 mm por 20 mm en los horizontales, fijada al piso mediante tornillos tirafondos.

El piso de la cámara tiene aislamiento térmico en poliestireno de 5 cm de espesor, con una carpeta de concreto reforzado y terminación en piso cerámico. Se asegura el cierre entre la estructura y el piso mediante burletes de goma. El interior de la estructura está revestido con chapa galvanizada lisa en las paredes y chapa galvanizada ondulada en el techo. Las uniones entre paredes, piso y techo están selladas. Las paredes exteriores sur, este y oeste están revestidas con chapas galvanizadas onduladas, sujetas a la estructura con tornillos. Entre el revestimiento interior y exterior se colocó aislación térmica en lana de vidrio de 5 cm con barrera de humedad.



Figura 5: Caras norte y este de la cámara de secado. Se aprecian los colectores solares en techo y pared, y la puerta de entrada de producto fresco. Figura 6: Esquema de sección de la cámara de secado.

La pared norte y el techo están revestidos con colectores solares, Fig. 5. Los colectores de la pared norte se ubican verticales al piso, y los superiores inclinados un ángulo de 24° respecto a la horizontal. Estos colectores no tienen

aislación por detrás del absorbedor, con lo cual el calor perdido es a la cámara de secado. El aire que se calienta en estos provee una fuente auxiliar de energía para la cámara, a través de las perdidas, y para un invernadero de pre secado.

La entrada de carros con producto fresco se realiza por una puerta de dos hojas de 1,50 m de ancho por 1,8 m de alto cada una, con ventanas de 1 m por 0.5 m para salida del aire húmedo. En las ventanas se coloca filtro sintético para evitar la entrada polvo e insectos. Las puertas están construidas con caño estructural, chapa galvanizada lisa y aislación en lana de vidrio. La salida de los carros con producto seco se hace por una puerta lateral de 1,50 m por 1,8 m ubicada en el extremo sur - oeste del túnel.



Figura 7: Carro con carga de producto fresco dentro del secador. Figura 8: Detalle de bandeja con producto seco.

En el interior de la cámara se ubican 22 carros distribuidos en 2 filas, que pueden cargar 10 bandejas de 2,1 m² de área cada una, con una separación entre bandejas de 15 cm. Los carros tienen un alto total de 1,75 m, Fig. 7. La separación entre las dos filas de carros y entre las paredes del secador es de 5 cm, se colocan guías de hierro ángulo sujetas al suelo para facilitar el desplazamiento.

Las bandejas, Fig. 8, consisten de un marco de estructura metálica y malla plástica para permitir la circulación del aire a través del producto. Se utilizan mallas tipo mosquitera. La densidad de carga es de aproximadamente 10 kgm⁻² y cada carro carga 210 kg de producto fresco, siendo 4610 kg la carga total de la cámara de secado.

3. ENSAYO DEL SECADOR

Se realizaron ensayos con el secador durante algunos meses de los primeros años de uso. Los ensayos incluyen el monitoreo de la cámara de secado, del banco de colectores, y de las variables ambientales.

Fueron sensadas de forma automática la temperatura ambiente, la radiación solar global sobre plano horizontal, la velocidad de viento y la humedad relativa del aire a la entrada y salida de la cámara de secado.

Además se sensó de forma automatizada la temperatura del flujo de aire en distintos puntos del secador: a la entrada y salida de dos colectores, en el inicio, medio y extremo del caño maestro, y a la entrada y salida de la cámara de secado. Se eligieron dos colectores equidistantes respecto al caño maestro, de los cuales el colector 1, que se observa en la Fig. 2, posee un filtro de fibra sintética en la boca de entrada de aire.

En forma manual se midió la velocidad de flujo de aire a la entrada de la cámara de secado. La Fig. 9 muestra un esquema de ubicación de los sensores utilizados. En rojo se representan las ubicaciones de los sensores de temperatura, en verde, de los sensores de humedad, y en azul los sensores ambientales.

Las medidas de temperatura se realizaron mediante termocuplas tipo K, y las medidas de humedad relativa a la entrada y salida de la cámara de secado mediante dos higrómetros HMP45A de Vaisala. En la medición de estas variables se utilizó un datalogger Campbell CR23X con una frecuencia de adquisición de datos de 5 minutos.

Las medidas de temperatura ambiente, velocidad de viento y radiación solar global sobre plano horizontal se realizaron con un datalogger Campbell CR1000, con una frecuencia de adquisición de datos de un minuto. La radiación solar global sobre plano horizontal fue medida mediante un pirheliómetro Kip & Zonnen CM3, y los valores de velocidad de viento se midieron con un anemómetro de cazoletas Met One 14A, a una altura de 5 m sobre el suelo.

Las medidas de velocidad de flujo de aire a la entrada de la cámara de secado se realizaron con un manómetro ALNOR mod. 8345, de medida manual, con una matriz de 20 puntos que permite el sensado simultáneo en un área de 30 cm². La técnica utilizada para medir el flujo de aire fue tomar promedios en un intervalo de 10 segundos, formado una grilla de 15 puntos para cubrir la sección transversal del difusor, de 2.6 m².

4. RESULTADOS OBTENIDOS

A continuación se exponen los resultados obtenidos entre el 28 de abril y el 15 de mayo de 2010. Durante este lapso de tiempo, el secador se encontró funcionando en un 80% a 100 % de su carga total. Debido al gran volumen de datos obtenido en el monitoreo, se optó por representarlos mediante diagramas de cajas, para luego describir de forma mas detallada los resultados de dos días de secado, el 3 y 4 de mayo.

4.1. Resultados desde el 28-abril al 15-mayo:

Las Fig. 10, 11 y 12 muestran la dispersión en resultados ambientales obtenidos. En la Fig. 10 se puede observar que los valores de temperatura ambiente se encuentran relativamente dispersos, resultado de la amplitud térmica que caracteriza el lugar, observándose una temperatura mínima de $-1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$, y una máxima de $31\text{ }^{\circ}\text{C}$. Al mismo tiempo, el rango entre los cuartiles, q_3 y q_1 , indica que el 75% de los valores de temperatura ambiente se encuentran en el intervalo de 19 a $7\text{ }^{\circ}\text{C}$, con una mediana de $12\text{ }^{\circ}\text{C}$. Estos valores son adecuados a la época, mediados de otoño, y a la zona de los Valles Calchaquíes.

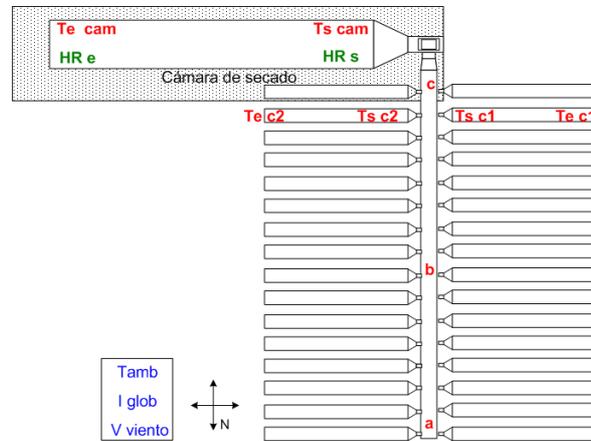


Figura 9: Esquema de colocación de los sensores usados en el monitoreo.

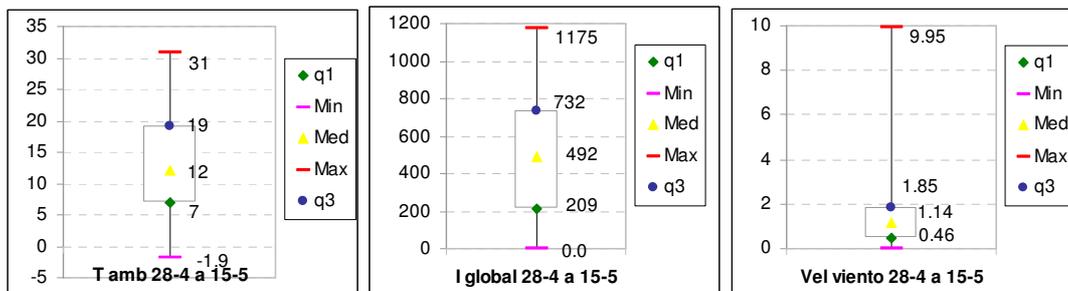


Figura 10, Diagrama de cajas para temperatura ambiente. Figura 11, radiación global. Figura 12: velocidad de viento.

La Fig. 11 corresponde al diagrama de cajas para la radiación global sobre plano horizontal. Se observa una dispersión con máximos de 1175 W/m^2 , mínimos de 0 en horas de la noche, y la mayoría de los datos en el rango de 732 W/m^2 a 209 W/m^2 , con mediana de 492 W/m^2 . Estos resultados muestran las buenas condiciones de la zona, conocida por su alta radiación solar y escasos días de lluvia.

En la Fig. 12 se pueden observar los resultados de velocidad de viento. Aunque existen ráfagas de $9,95\text{ m/s}$ se observa una distribución cerrada, con valores en el intervalo de $0,46$ a $1,85\text{ m/s}$, y mediana de $1,14\text{ m/s}$.

En la Fig. 13 se muestran los resultados de temperatura en los dos colectores monitoreados. En ella se observa que la temperatura de flujo en el colector 1 (con filtro en la entrada de aire) es mayor, tanto a la entrada, como a la salida que los observados en el colector 2 (sin filtro). Así, los máximos obtenidos son $75,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $69,3\text{ }^{\circ}\text{C}$, respectivamente. Se observa un máximo anómalo en la entrada del colector 1, de $79,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, correspondiente a un día de mantenimiento, en el que se lo desconectó del caño maestro, permaneciendo sin circulación de aire.

La Fig. 14 describe los resultados medidos de temperatura en el caño maestro. Se observa que la temperatura del flujo de aire desciende a lo largo del caño maestro, debido a pérdidas hacia el ambiente. Sin embargo estas pérdidas no son grandes, la mediana de la temperatura de aire disminuye $2,33\text{ }^{\circ}\text{C}$ desde el inicio a la salida del caño maestro, en tanto que la máxima disminuye $3,52\text{ }^{\circ}\text{C}$. Se puede inferir que se presentan variaciones considerables en las distribuciones de temperaturas, con diferencias entre los valores máximos y mínimos del orden de $68\text{ }^{\circ}\text{C}$, originadas por las variaciones en temperatura día – noche.

Los resultados obtenidos a la entrada y salida de la cámara de secado se describen en las Fig. 15 y 16. En la Fig. 15 se observa que la diferencia de temperatura entre la entrada y la salida de la cámara de secado es pequeña, con medianas de $37,72\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $37,49\text{ }^{\circ}\text{C}$ y valores máximos de $60,48\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $59,06\text{ }^{\circ}\text{C}$ a salida y entrada de la cámara de secado, respectivamente. Al mismo tiempo, los resultados de humedad relativa entre la entrada y salida de la cámara de secado muestran que las distribuciones obtenidas tienen medianas de $8,53\text{ }%$ y $16,79\text{ }%$ y rangos intercuartiles $q_1 - q_3$ de $12,36\text{ }%$ y $33,34\text{ }%$ a la entrada y salida, respectivamente.

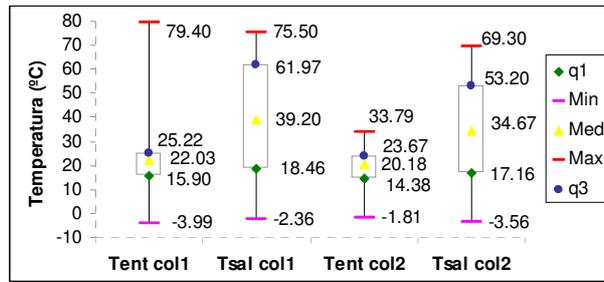


Figura 13: Diagrama de cajas para la temperatura de flujo de aire en dos colectores solares.

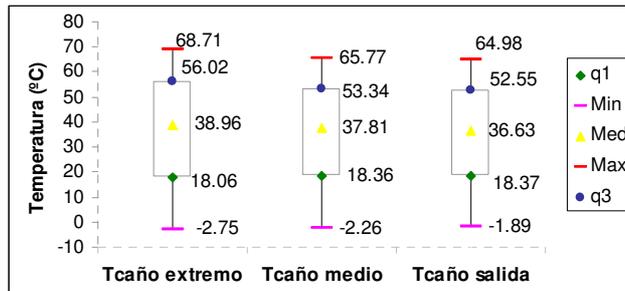


Figura 14: Diagrama de cajas para la temperatura de aire en el caño maestro.

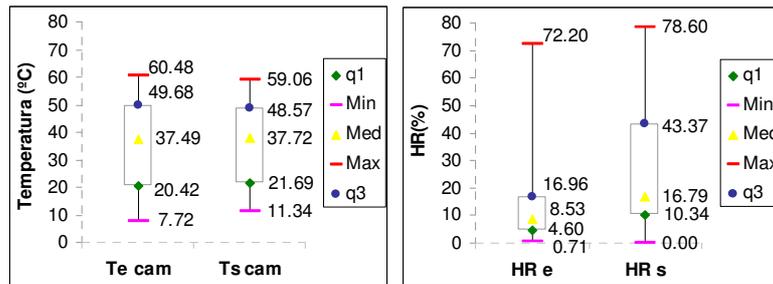


Figura 15: Diagrama de cajas de temperatura en cámara de secado. Figura 16: Diagrama para humedad relativa.

4.3. Discusión de resultados obtenidos. Días 3 y 4 de mayo:

A continuación se presentan los resultados obtenidos para los días, 3 y 4 de mayo. La Fig. 16 muestra los resultados de las medidas de temperatura de aire en los colectores ensayados. Se observan temperaturas similares en la entrada de ambos colectores, siendo ligeramente superiores los registrados en el colector 1 (sin filtro de aire). Además, se observan valores máximos en mediodía solar cercanos a 70 °C para el colector 1, y de 65 °C para el colector 2. La diferencia en los resultados puede ser originada por la presencia del filtro de aire, que agrega una pérdida de carga, modificando la velocidad del flujo y el caudal de aire circulante. Por último, en horas de la noche los valores a la entrada y salida de los colectores coinciden, lo que es de esperar, ya que la radiación incidente es nula.

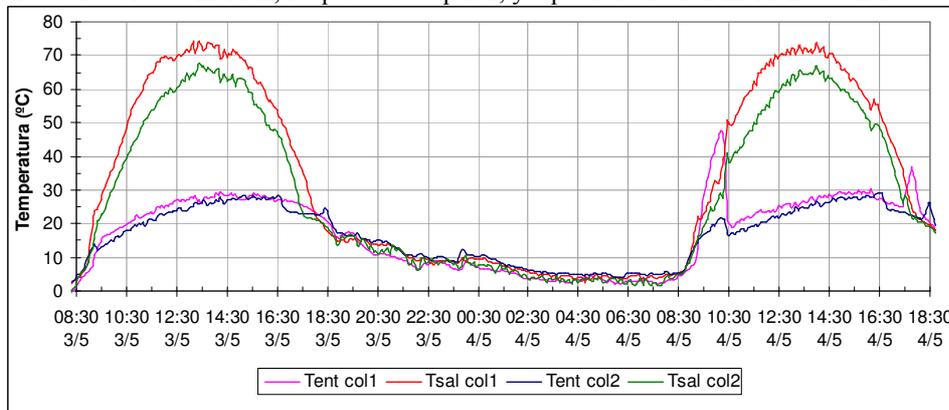


Figura 16: Temperatura de flujo de aire en la entrada y salida de los colectores.

En la Fig. 17 la temperatura a lo largo del caño maestro disminuye ligeramente, con una caída de 5 °C. Los resultados de temperatura de flujo a la entrada y salida de la cámara de secado se muestran en la Fig. 18, donde la temperatura de flujo a la entrada es mayor en 5 °C que la temperatura a la salida.

La Fig. 19 muestra las medidas de humedad relativa a la entrada y salida de la cámara de secado. Los valores a la salida se incrementan en 15% respecto a la entrada. Los bajos valores registrados a la salida, Fig. 19 y 15, indican que existe la posibilidad de incrementar la carga de producto en cámara. Sin embargo, durante esta cosecha el secador funcionó con carga parcial de 3500 kg, por lo que los resultados a carga completa no son reportados.

Las medidas de velocidad de flujo de aire a la entrada de la cámara se presentan en las Fig. 20 y 21. Los resultados muestran la existencia de una marcada asimetría en la distribución de flujo, con máximos del orden de 1,3 m/s en el extremo superior izquierdo, valor promedio de 0,712 m/s y mínimos de 0,2 m/s. Como consecuencia se presenta un secado desparejo en los dos primeros carros.

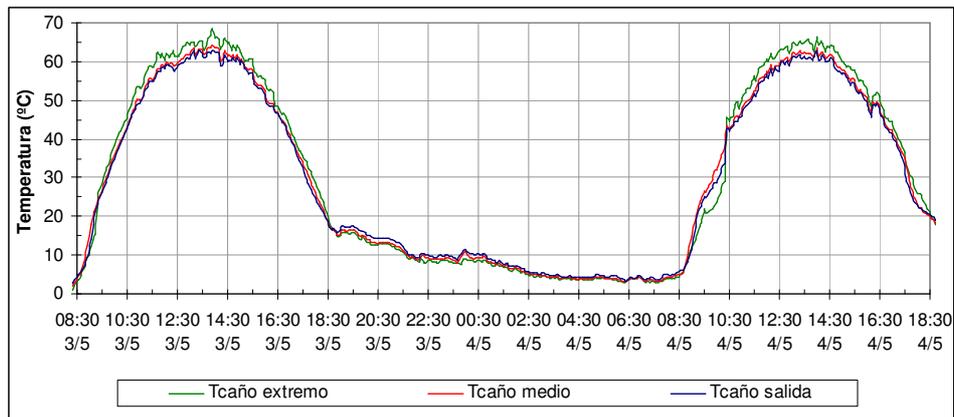


Figura 17: Temperatura de flujo en el caño maestro.

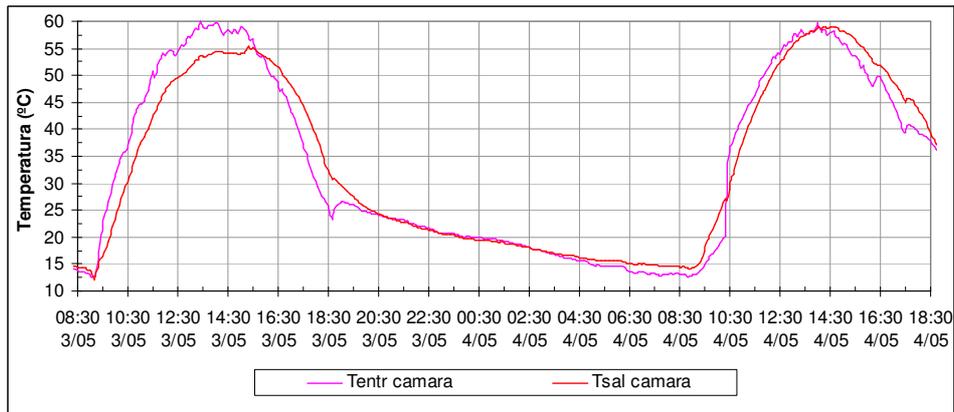


Figura 18: Temperatura de flujo de aire en la cámara de secado.

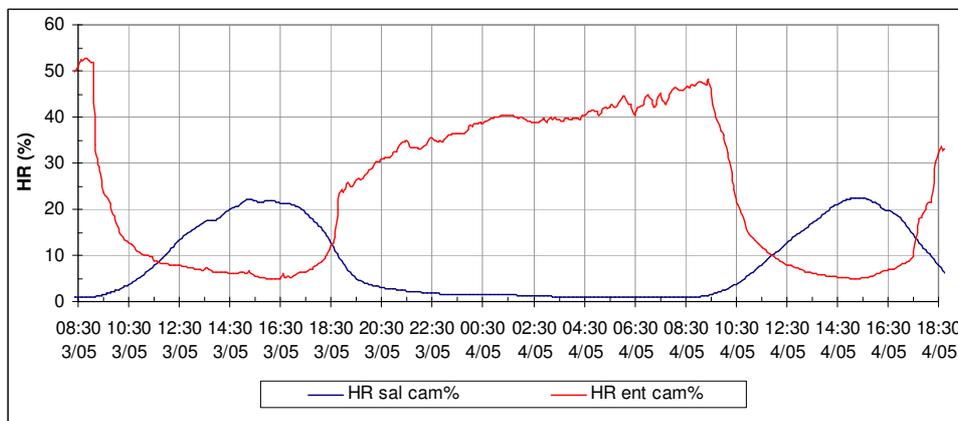
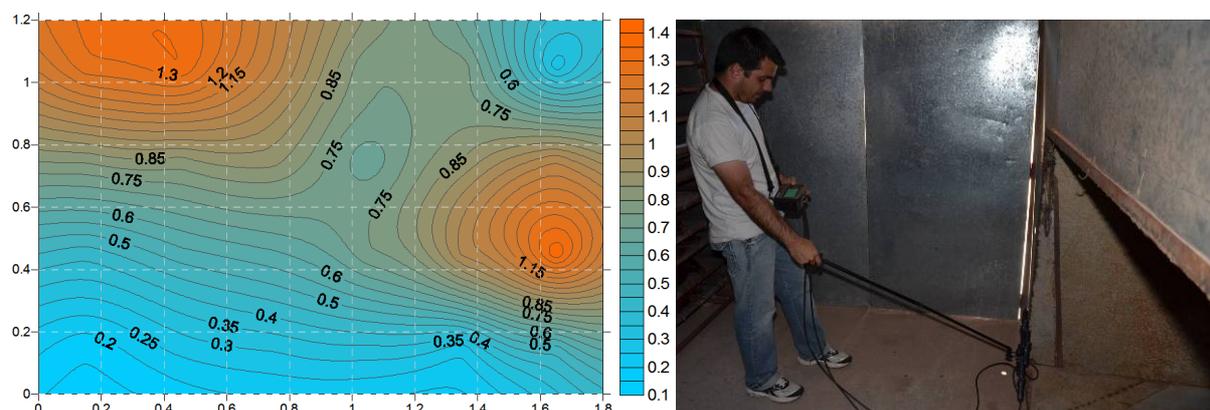


Figura 19: Humedad relativa ambiente en la entrada y salida de la cámara de secado.



Figuras 20: Medidas del perfil de velocidad en la entrada de la cámara de secado. Figuras 21: foto del difusor.

5. CONCLUSIONES

Se presentaron el diseño, construcción y ensayos de un secador solar activo, de tipo indirecto, con circulación de aire forzada, ubicado en la localidad salteña de San Carlos, Argentina. El secador posee un banco de 32 colectores solares de aire, de 7,32 m de largo, 0,94 m de ancho y 0,1 m de alto; y una cámara de secado de 1,8 m de alto, 16,8 m de largo y 3 m de ancho. Un ventilador centrífugo de 4 HP y 1500 rpm fuerza el movimiento del aire hacia el banco de colectores operando en depresión, circula a través del caño maestro, e ingresa a la cámara de secado, por sobre presión. En la cámara de secado se encuentra el producto, en 22 carros de 210 kg de carga cada uno, que permiten una carga máxima de 4620 kg de producto fresco.

Se realizaron ensayos sobre el secador, en un tiempo de cuatro semanas, sensándose temperatura ambiente y temperatura de flujo de aire en dos colectores, caño maestro, y cámara de secado, humedad relativa ambiente y en la entrada y salida del secador, velocidad de viento y radiación global horizontal. Además, se tomaron valores de velocidad de flujo de aire a la entrada de la cámara de secado.

Los resultados obtenidos, Fig. 15, 16, 18 y 19 indican que el sistema posee la energía suficiente para secar la carga total en un par de días soleados, con la posibilidad de aumentar la carga de producto a 6 t.

REFERENCIAS

Condorí M., Echazú R., Saravia L. (2006) “Secador Solar Industrial para la Quebrada de Humahuaca. Energías Renovables y Medio Ambiente”, Vol.19, (1), p.p.25-31, ASADES, Argentina.

Condorí, M. Durán G., Echazú R., “Análisis del comportamiento de un secador solar industrial de hortalizas en el Norte de Argentina” Libro: Reunión Seminario Risspa - Santiago, Chile - Junio 2007.

Condorí, M. Durán G., Echazú R., Díaz Russo, G. “Secador Industrial Híbrido Solar – Biomasa Para La Producción Continua De Pimiento Deshidratado” Revista Energías Renovables y Medio Ambiente. 2º vol 2010.

Condorí M., Durán G., Vargas D., Echazú R. (2009). “Secador solar híbrido. Primeros ensayos”. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente 2009.

Gatti SRL: Cartilla de especificaciones. Ventiladores Centrífugos

Página web http://www.proyectolocal.org/proyectos_detalle.php?proyecto_id=65&tipo_id=Cooperaci%F3n&pais_id=

Saravia L., Echazú R., Guerrero F., Gramajo C. (1983). Planta Piloto de Secado Solar de Pimiento: Construcción y Ensayo. Actas de la 8a. Reunión de Trabajo de Energía Solar, La Pampa, p.p. 1-7, Argentina.

Página web Agrobot http://www.agrobot.com/Info_tecnica/alternativos/horticultura/AL_000020ho.htm

DESIGN, BUILDING AND PRELIMINARY TESTS OF A SOLAR DRYER FOR PAPRIKA IN SAN CARLOS, CALCHAQUI VALLEY, ARGENTINA

Abstract. Design, building and preliminary tests are presented for an indirect solar dryer used in the production of paprika. The dryer has a bank of 32 solar air collector 7.32 m long and 0.94 m wide. An engine of 4 HP at 1500 rpm forces the air to move from the collectors to into a drying chamber, 1.85 m high, 16.8 m long and 3 m wide. In the chamber, the product to be dried is in 22 carts, allowing a maximum load of 4.6 t. System tests were performed during its first year of use, with a load of 3.5 t of fresh pepper. Ambient temperature, wind speed and total solar radiation on collector plane, air temperature at the inlet and outlet of two solar collectors, in the master pipe and the inlet and outlet of the drying chamber were measured. The relative humidity at the entrance and exit of the drying chamber was measured as the airflow within the dryer. The results show an increase of 35 °C between the inlet and outlet temperature in the collectors, and temperature of 55 °C at the outlet of the drying chamber, with relative humidity 20%. The system has enough energy to dry the load in a couple of sunny days, and to increase the load capacity.

Keywords: Solar drying, solar air heaters, agro industry.