

SECADERO SOLAR POR CONVECCION DE AIRE CALIENTE PARA DESHIDRATACIÓN DE ALMIDÓN DE MANDIOCA DESTINADO A PEQUEÑOS PRODUCTORES RURALES DE LA PROVINCIA DE CORRIENTES

N. Sogari¹, C.A.Gómez¹, A. Busso¹, M.A. Condori²

¹Grupo de Energías Renovables-FACENA-UNNE e-mail: nsogari@exa.unne.edu.ar

²INENCO-UNSA

RESUMEN: En la presente comunicación se muestran los primeros resultados obtenidos del funcionamiento de un secadero por convección de aire caliente, implementado sobre la adaptación de un diseño del INENCO. Este secadero se utiliza para secar almidón (harina) de mandioca en una región rural del Depto. de General Paz, Corrientes, Argentina. El diseño del equipo consta de 4 colectores del tipo de radiación solar indirecta dispuestos en línea y el aire caliente es forzado a ingresar a la cámara de secado mediante un ventilador. La superficie total de los colectores es de 8 m² y tiene una capacidad de secado de unos 70 kg de almidón por cada carga. El secado mediante esta tecnología permite obtener un almidón más higiénico y de humedad controlada, lo que incide en una mejor calidad de producto final. El producto tardó una hora y media en secarse frente al producto expuesto directamente a la radiación solar, el cual luego de seis horas aún permanecía húmedo.

Palabras clave: energía solar, secadero, tecnología, transferencias y educación.

INTRODUCCION

El presente trabajo tiene como objetivo presentar resultados del funcionamiento de un secadero por convección de aire caliente instalado en la zona rural del Dpto. de General Paz, Prov. de Corrientes, el cual es utilizado por un grupo de pequeños productores de almidón de mandioca. Este secadero permite obtener un producto de mayor calidad además de acelerar el proceso de deshidratación, procesos que se realizaban en condiciones muy precarias.

La construcción e instalación del secadero solar, surgió como consecuencia del interés manifestado por un grupo de pequeños productores pertenecientes a la zona de General Paz- Corrientes, a través de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos, como por la Asociación de Productores Orgánicos. Y mediante este secadero se pretendía optimizar la deshidratación del almidón de mandioca con el fin de obtener un producto de mejor calidad que se introduzca al mercado con mayores perspectivas de comercialización.

Antes de la instalación del secadero, el método utilizado era el secado al aire libre, donde los productos se exponían directamente al sol dispersándolos sobre el suelo. Este procedimiento es de bajo costo pero la calidad del producto se veía disminuida, especialmente en lo que tiene que ver con los aspectos bromatológicos, produciéndose contaminación con restos de animales, polvo y hongos.

La implementación del sistema solar permite usar una tecnología de bajo costo y escala tal, que permita al grupo de pequeños productores procesar su propia producción mejorando la elaboración del almidón de mandioca y contando con un mejor producto obtenido para su autoconsumo y para el mercado.

Ensayos preliminares en laboratorio y en campo realizados por el Grupo de Energías Renovables (GER), determinaron la factibilidad de utilizar la energía solar como fuente de energía térmica para llevar a cabo el proceso de secado. Tanto el secadero como las técnicas de secado a emplear son simples y adaptables al entorno rural donde serán puestas en operación. Por otro lado, la posibilidad que el productor cuente con un secadero in situ le permite adicionar valor agregado a otros productos de su producción mejorando así la ecuación económica de su emprendimiento.

MATERIALES Y METODOS

El secadero en funcionamiento en Gral Paz, es de tipo indirecto respecto a la incidencia del sol sobre el producto, de flujo forzado, respecto a la circulación del aire y de escala semi-industrial si se considera la capacidad de carga de la cámara y la velocidad de secado (Sogari et al 2008).

Este secadero se basa en el diseño presentado en Condori et al. (2006), con adaptaciones para hacerlo viable en el ámbito rural de la provincia de Corrientes, tanto en relación a su escala como al diseño.

El Dr Condori y su equipo han construido en Huacalera, Quebrada de Humahuaca, dos secaderos solares, cada uno de los cuales consta de un banco de colectores rebatibles de 100 m² de superficie de planta. La cámara de secado tiene 10 m² de superficie con capacidad para secar 500 kg de producto. La temperatura de trabajo en la misma varía entre 40 y 60 °C

El secadero fue seleccionado luego de analizar los resultados de las simulaciones de su funcionamiento realizado con el programa TRNSYS, los cuales mostraron que las nuevas dimensiones de la cámara y los colectores como el cambio de materiales usados en la construcción del sistema no obstaculizarían el correcto funcionamiento del secadero pues en la cámara de secado el flujo de aire alcanza la temperatura óptima de secado del almidón que es de 60 °C.

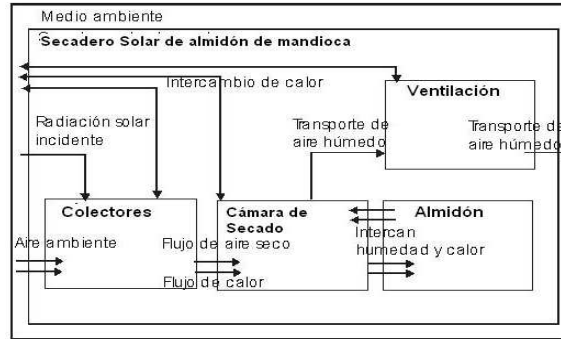


Figura 1. Diagrama de flujo del módulo de TRNSYS que simula el funcionamiento del secadero

El aire ambiente ingresa a los colectores impulsado por el ventilador y recorre el banco aumentando su temperatura (Figura 2). En la boca de entrada del extremo de la línea de colectores se coloca una malla metálica para evitar el ingreso de elementos extraños e insectos. El ventilador se conecta mediante una manga a la cámara de secado donde el aire encuentra el producto a deshidratar. La circulación del aire dentro de la cámara se produce en forma horizontal. Y luego el aire húmedo, sale de la cámara por el extremo opuesto a través de una ventana, desde donde se desecha a la atmósfera. Esta ventana también tiene mallas metálicas con el mismo fin que en los colectores.

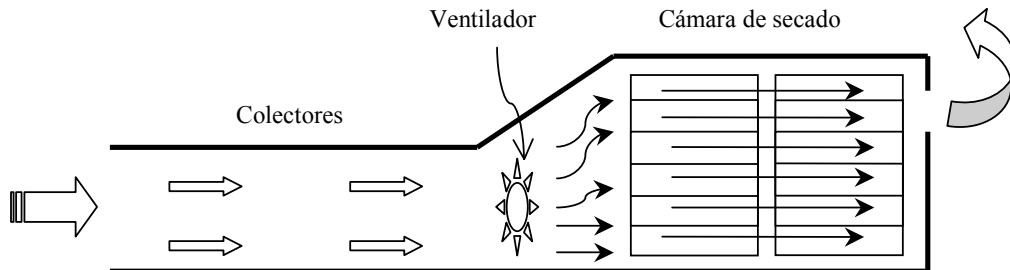


Figura 2. Esquema de circulación del aire en el interior del sistema.

El aire caliente entra por un extremo de la cámara de secado y lo recorre hasta el otro extremo pasando entre los carros con producto. El producto se coloca en bandejas que se apilan sobre los carros.

Colectores

El colector solar es un paralelepípedo de chapa galvanizada de dimensiones 2,00 m x 1,00 m x 0,20 m, aislado térmicamente por los laterales y el fondo con aislant aluminizado. El absorbedor está conformado por chapa ondulada pintada de negro, que se coloca formando un arco y separada del fondo del colector de modo que el aire circule por arriba y por debajo de la misma. Se utilizó como cubierta transparente policarbonato alveolar cuidando que el cierre no presente filtraciones de aire. Los colectores trabajan en depresión debido a la succión del ventilador, mientras que la cámara de secado lo hace con sobre presión.

El colector se monta sobre una marco de caño estructural para darle rigidez al conjunto y al mismo se adosaron las patas correspondientes para trabajar a un ángulo aproximado de 35 grados respecto de la horizontal (Figura 3). El cierre entre el policarbonato y la caja se realizó con sellador siliconado.

El banco de colectores es de una superficie de 8 m², y se encuentran dispuestos en línea. Al final de esta línea están conectados a un gabinete con ventilador que actúa de forzador del aire caliente hacia la cámara de secado. En la cámara de secado se introduce el almidón sobre bandejas montadas sobre dos carros.



Figura 3. Banco De Colectores

Gabinete con ventilador

El ventilador utilizado es de motor 0,75 HP, 1420 rpm y hélice axial (Figura 2).

El gabinete para el ventilador se realizó en chapa galvanizada de aproximadamente 1m³ de volumen y aislado del exterior mediante poliestireno expandido.

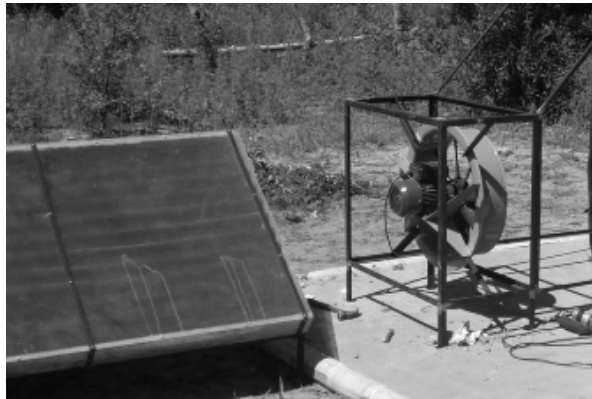


Figura 4. Ventilador

Cámara de secado

La cámara de secado es de estructura de madera rigidizada mediante esquineros de metal y cerrada en chapa galvanizada. También se aísla con poliestireno expandido. Las dimensiones aproximadas de la misma son 1,80m x 0,90 m la superficie de la planta por una altura de 1,70 m.

Consta de dos puertas para el acceso de los carros y de una ventana para la circulación del aire.

La cámara de secado se fija a un piso de cemento alisado (Figura 5).



Figura 5. Cámara de secado.

Carros

Los carros para el secado del almidón son dos y están contruidos en caño estructural con ruedas en la base. Poseen 8 bandejas cada uno de 0,80 m x 0,80 m. Las dimensiones de los carros son de 1,70 m de alto por 0,80 m de cada lado. Con los mismos está previsto secar aproximadamente 70 kg de almidón por cada sesión de secado (Figura 4).

DATOS TECNICOS

El presente secadero, se modelizó utilizando el programa TRNSYS. Para un elemento diferencial de la cámara cargada, la ecuación del balance energético se expresa de la siguiente forma:

$$\dot{Q}_{Co} + \dot{Q}_{P_con} = \dot{Q}_L + \dot{Q}_A + \dot{Q}_D + \dot{Q}_{Ev} + \dot{Q}_V + \dot{Q}_b \quad (1)$$

\dot{Q}_{Co} : calor útil proveniente de los colectores [W]	\dot{Q}_D : calor asociado al proceso de evaporación del agua [W]
\dot{Q}_{P_con} : aporte calórico por conducción a través del techo [W]	\dot{Q}_{Ev} : calor necesario para evaporar el agua del almidón
\dot{Q}_L : calor entregado a la masa de aire húmedo existente en la cámara [W]	\dot{Q}_V : pérdida calórica por infiltraciones [W]
\dot{Q}_A : calor entregado al almidón [W]	\dot{Q}_b : pérdida calórica a través del suelo [W]

En la cámara se debe considerar el calor útil proveniente del banco de colectores al que se le adiciona el flujo calorífico por conducción a través del techo de la cámara de secado, este flujo calorífico se entrega al aire existente en la cámara, al almidón y al agua contenida en su interior. Existen además pérdidas debido a la conducción a través del suelo de la cámara y por infiltraciones y/o ventilaciones.

El mismo arrojó como resultados una temperatura para la cámara de secado de entre 35 y 45 °C en el horario comprendido entre las 11 hs y las 15 hs aproximadamente (Figura 5). Esta simulación también tiene en cuenta un ventilador de velocidad regulable.

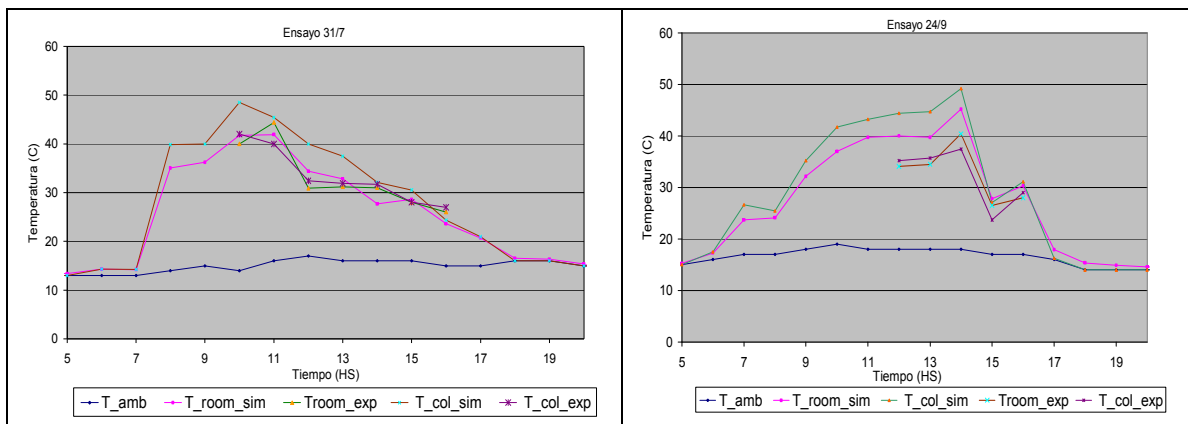


Figura 6. Valores de temperatura simuladas y experimentales para los días 31 de julio y 24 de agosto.

La figura 6, muestra los valores de la temperatura ambiente (T_{amb}) y los valores simulados y experimentales correspondientes a la temperatura del aire a la salida del colector y en la cámara de secado. El valor simulado de la temperatura del fluido a la salida del colector (T_{col_sim}) difiere de la temperatura del fluido en la cámara (T_{room_sim}) en aproximadamente 5 °C para las hora de mayor radiación solar, mientras que los valores experimentales de la temperatura del fluido a la salida del colector (T_{col_exp}) se aleja en 1 o 2 °C de la temperatura del aire en la cámara de secado (T_{room_exp}). La variación de temperatura alcanzada en el interior de la cámara de secado respecto del ambiente varió entre 15 y 18 °C.

En la situación real, realizada para dos días de julio y agosto, las temperaturas alcanzadas dentro de la cámara son las indicadas en las Figuras 6. En las mismas se observa que las temperaturas alcanzadas en la cámara varían en un rango entre los 30 °C y 42 °C, valores por debajo del obtenido por simulación de TRNSYS, debido a que estos ensayos se realizaron sin regular la velocidad de trabajo del ventilador.

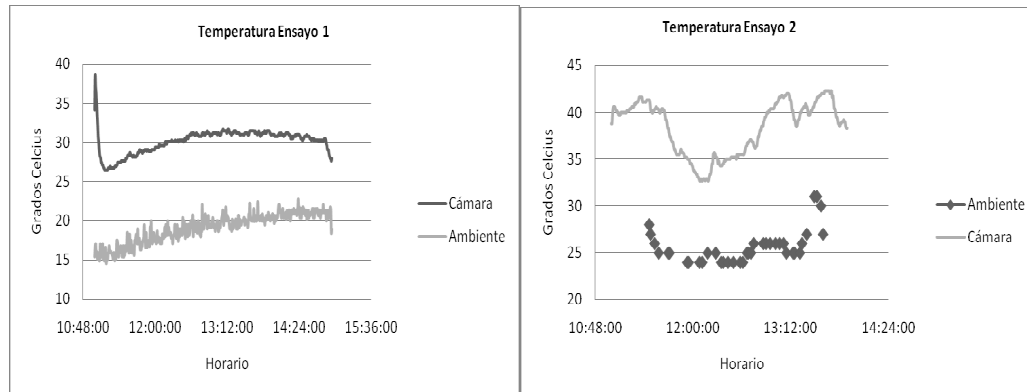


Figura 7. Temperaturas del ambiente y cámara para dos ensayos en el mes de agosto.

Pero de todas maneras el almidón de mandioca mostró un secado óptimo en aproximadamente 2 horas de permanencia en la cámara, ya que la diferencia de presión de vapor de agua entre el producto y el aire circulante dentro de la cámara permite la deshidratación deseada es decir 12% de humedad. Para que el secado sea uniforme en toda la cámara las bandejas con almidón deben ser removidas periódicamente.

En el Ensayo 2 se realizaron medidas de las humedades relativas de la cámara y el ambiente (Figura 8), y se observa una marcada reducción de la humedad relativa dentro de la cámara respecto de la exterior.

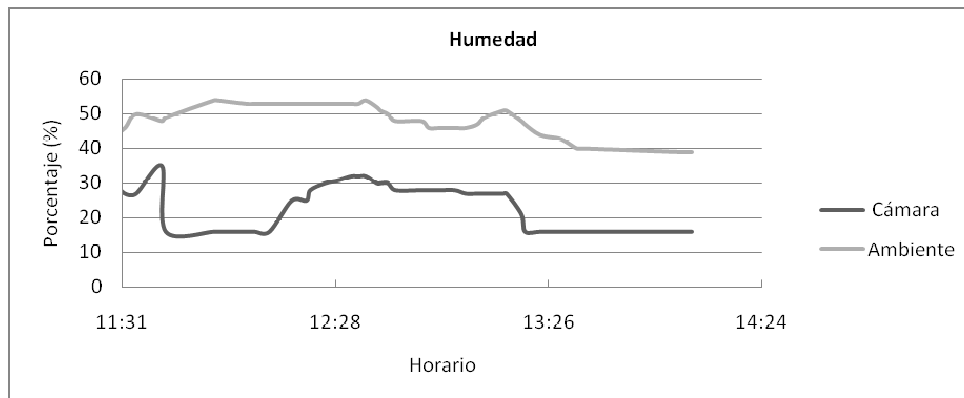


Figura 8. Humedad relativa.

En la Figura 9 se muestra el estado del almidón luego de permanecer una hora y media en la cámara, y su estado de deshidratación fue comparable al que se observa por secado natural expuesto al sol durante más de 6 horas. En estos primeros ensayos se tomaron dos bandejas como muestras y se midió el peso inicial y el final, de esta forma por el método gravimétrico se calculó el contenido final de humedad del producto. Además el secado en la cámara conserva al almidón con su color blanco original y evita que el mismo se torne de color amarillento, como se manifiesta al aire libre, lo cual reduce su calidad en el mercado de este producto.



Figura 9. Ensayo de secado.

Esta adaptación (Figura 10) del diseño original presentado en Condori et al. (2006) debería permitir el secado de unos 50 kg de almidón diarios.



Figura 10. Secadero terminado.

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

El secadero construido demostró un óptimo desempeño para el secado de almidón de mandioca. El mismo permite secar el producto en aproximadamente 2 horas, lo que representa una cuarta parte del tiempo que se empleaba antes en forma natural bajo el sol directo y expuesto al ambiente exterior, situación que producía su contaminación.

Con este secadero además se consigue que el almidón de mandioca luego de secado mantenga su color blanco natural, contra el método que se utilizaba primariamente que provocaba que el producto se torne amarillento. Y de esta manera cumplir con los requerimientos de calidad del mercado.

Se considera a posteriori implementar un regulador de velocidad para el ventilador para dosificar el flujo de aire que ingresa a la cámara, junto a un sensor de temperatura. Y así mediante estos instrumentos se podrá tener un control más preciso de la temperatura de la cámara lo que evitaría sobrepasar los 60 °C, que es la temperatura máxima que admite el almidón de mandioca para secarse en forma óptima y obtener el producto deseado para el consumo.

REFERENCIAS

- Condori M., Echazú R., Saravia L. (2006). Secador solar indirecto con flujo de aire forzado para Huacalera, Quebrada de Humahuaca. *Energías Renovables y Medio Ambiente* ISSN 0329-5184, Vol. 10, pp. 2.25-2.31, ASADES, Argentina.
- Sogari N, Gomez C. Busso A, Condori M (2008). Secadero solar por convección de aire caliente para deshidratación de almidón de mandioca destinado a pequeños productores rurales de la provincia de corrientes en fase de construcción. *Energías Renovables y Medio Ambiente* ISSN 0329-5184, ASADES, Argentina.

Reconocimientos y agradecimientos:

- Este trabajo es totalmente financiado por el Programa de Voluntariado Universitario 2007.
- Los autores agradecen muy especialmente la utilización de los talleres de la FACENA-UNNE y al personal especializado: Ing. Gustavo Morales, Carlos Daniel Moreno y Jorge Daniel Bilibio.

ABSTRACT

One solar drier have been designed and built based on an INENCO's plan for a solar dehydration plant in General Paz, Province of Corrientes, Northeastern of Argentine. The designed equipment are of indirect solar radiation type and works with forced airflow. It has a recline bank of collectors with 8 m² of soil area. The drier chamber has a load capacity around 70 kg of fresh product and approximately a daily production. The driers allow a drying process under controlled conditions of hygiene and temperature, obtaining a very good quality in the final product. The driers have been used in the production of flour of mandioca. In this work, the technical data and the constructive characteristics of these equipments are presented.

Keywords: Solar dryer, air solar collector, drying chamber.