

## SECADERO INVERNADERO CON CALEFACCION AUXILIAR. ENSAYOS PRELIMINARES

Miguel Condori<sup>1</sup> Luis Saravia Ricardo Echazú Carlos Cadena<sup>2</sup>

INENCO<sup>3</sup>

Universidad Nacional de Salta  
Buenos Aires 177, (4400) Salta.

Fax: (087) 251034.

### RESUMEN

Se presentan los aspectos constructivos de un secadero instalado en la misma nave de un invernadero. Su funcionamiento se asemeja al secadero convencional de tipo túnel en contracorriente. Se implementa un sistema de calefacción a base de biomasa para permitir que el secadero trabaje en días de baja radiación solar. Se presentan los aspectos constructivos del secadero y del sistema de calefacción. Finalmente se muestran algunos resultados preliminares.

### INTRODUCCION

El área sembrada bajo invernaderos abarca más de 260 hectáreas en la provincia de Salta y Jujuy. Debido a enfermedades en cultivos en la zona del Valle de Lerma, el pimiento solo puede ser producido bajo cubierta. Años anteriores la producción de pimiento en invernaderos se destinaba al mercado de consumo como primicias, hoy en día debido a los bajos precios se buscan alternativas para su comercialización. Una alternativa de interés es el cultivo de pimiento para la producción de oleorresinas, las que se utilizan como colorante natural de alimentos.

Durante los años 92 y 93 se ensayó con pimiento para pimentón en el secadero invernadero túnel [1]. A pesar del oscurecimiento que se produjo en el producto, se obtuvieron niveles aceptables de coloración. El color de la oleorresina es el criterio de calidad más importante [2]. En estos ensayos aparecieron hongos en los carros con producto fresco cuando la humedad relativa superó el 60 % y la temperatura ambiente estuvo por debajo de los 20 °C. En consecuencia se vio la necesidad de incluir un equipo de calefacción auxiliar para permitir que el sistema trabaje en días de mucha nubosidad o alto contenido de humedad en el ambiente.

En un primer ensayo, se construyó un horno con un tacho de 200 litros cuya salida de gases pasa por dos ductos circulares semienterrados de 20 cm de diámetro cada uno. La figura 1 muestra los resultados de un ensayo con el túnel vacío. La temperatura en el interior se eleva unos 10 °C por encima de la ambiente. Se puede observar que una sola carga de leña proporciona calefacción por unas 5 horas y que posteriormente el suelo entrega el calor acumulado. En ASADES 93 se propuso un cambio de diseño del secadero túnel para aumentar la eficiencia y mejorar el funcionamiento del sistema [3].

<sup>1</sup>Becario del CONICET

<sup>2</sup>Profesional Adjunto del CONICET

<sup>3</sup>Instituto Unsa - CONICET

Seguidamente se presentan los aspectos constructivos del secadero solar con calefacción a base de biomasa, de las partes que componen la calefacción auxiliar, y se muestran los resultados de algunos ensayos preliminares.

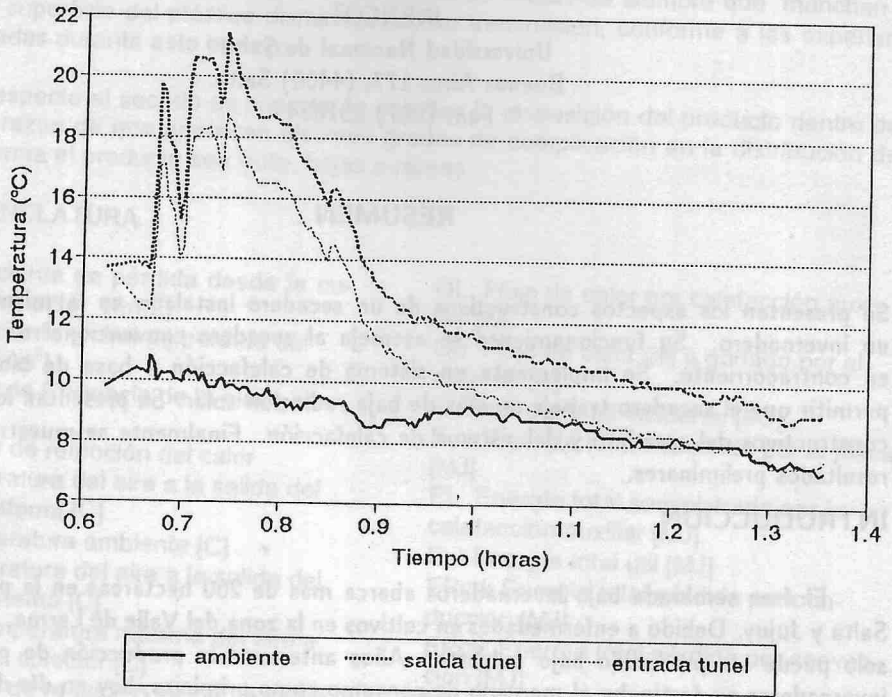


Figura 1: Secadero túnel con horno a leña

## DESCRIPCION DEL SECADERO

El secadero invernadero se encuentra ubicado en la provincia de Salta, en el campo experimental del INTA a 25 kilómetros de la Universidad Nacional de Salta. Este forma parte de un sistema integrado secadero - invernadero de cultivo.

Se lo construyó en el extremo norte del invernadero, del cual lo separa un corredor interno limitado por un tabique de plástico y que es destinado al manejo del producto seco. La construcción tiene un área de planta de 7 m de ancho por 13 m de largo. El soporte fue construido con caño estructural, teniendo 2 m de altura en las paredes laterales y 3.70 m en la parte mas alta del arco semi circular que soporta el techo. En la referencia [4] se puede encontrar mayor información de la estructura desmontable.

Como cubierta se utilizó plástico polietileno de 150  $\mu\text{m}$  con tratamiento térmico y anti UV. En el interior se construyó el túnel de secado de 1.2 m de ancho y 1.90 de altura, ubicado longitudinalmente en el centro de la nave.

Por encima del túnel se colocó el ducto de recirculación de aire, también de plástico transparente. En los pisos laterales al túnel se colocó plástico negro para mejorar la absorción de radiación. Un ventilador se encarga de la circulación del aire a través de los

carritos y también de recircular el aire a la salida del túnel cuando su nivel de contenido de humedad es lo suficientemente bajo, ver figura 2.

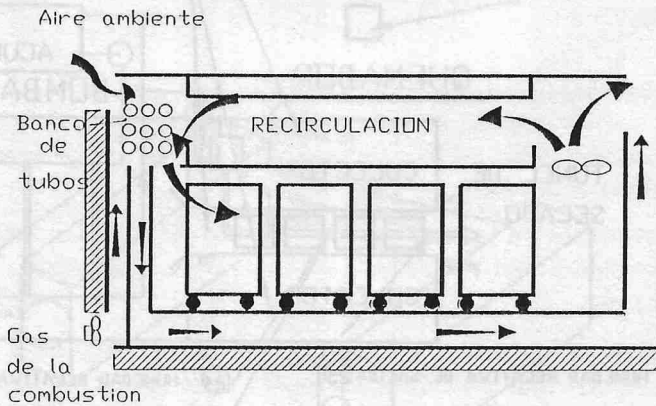


Figura 2: Esquema de funcionamiento del secadero

El secadero es del tipo túnel con flujo de aire contracorriente al movimiento del producto. Se lo puede considerar de producción continua en el sentido que al final de cada día uno o dos carritos con producto seco se retiran del túnel y se vuelve a ingresar producto fresco por el otro extremo.

## SISTEMA DE MEDICION

Se utiliza una computadora personal XT de bajo consumo, 1 Mbyte de memoria RAM y disquetera de 3.5 pulgadas, como soporte de la adquisición de datos.

La captación se realiza a través de dos tarjetas PC LAB812 de MICROTEK. Para la medición de temperaturas se utilizan termistores pequeños del tipo NTC de la serie 2000 de MURATA, la alimentación de estos sensores se hace a través de fuentes de corrientes ajustadas a bajo nivel, utilizando los integrados LM334 de NATIONAL.

Para la medición de temperaturas altas se utilizó termómetros digitales KETHLEY de dos canales que utilizan termocuplas de hierro - níquel y tienen un alcance de 2000 °C.

Para la medición de humedad relativa se utilizó el medidor HMP 35D de VAISALA alimentado con una tensión de 12 voltios. La tensión de salida no necesitó de acondicionamiento.

Para la medida de radiación solar se empleó un solarímetro KIPP & ZONNEN, de constante de calibración de  $4.68 \frac{\mu V m^2}{W}$ . Fue necesario acondicionar la señal de salida por medio de un amplificador operacional con ganancia a 100.

La medición de velocidad de viento se realizó con un anemómetro de cazoleta, SV-1 de BAPT, de tres tazas, con rango de medición entre 0 y 120 m/s. Para la medición de velocidad del aire en el túnel se contó con anemómetros de punta caliente modelo 1650 de TSI. La disposición de los distintos sensores se muestran en la figura 3.

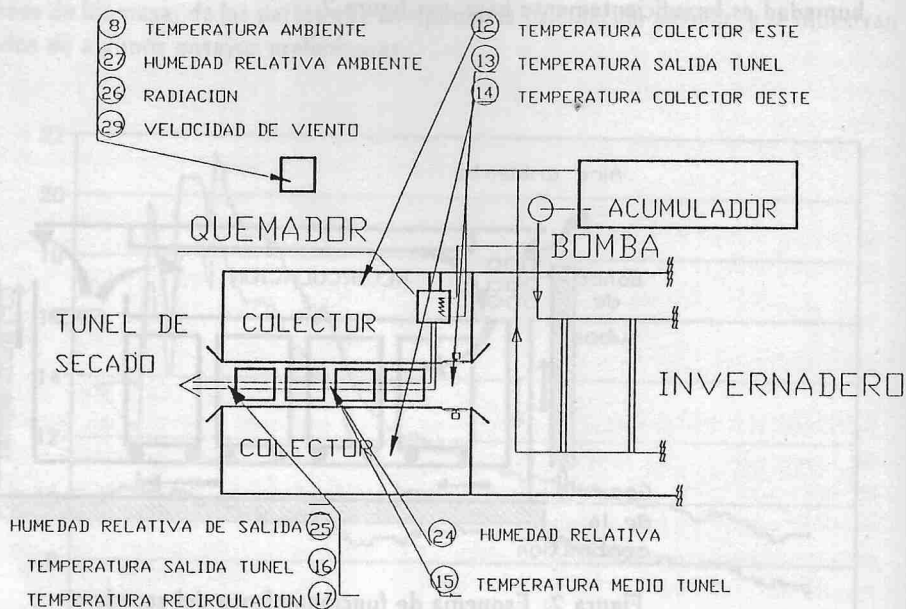


Figura 3: Ubicación de los sensores

## SISTEMA DE CALEFACCION AUXILIAR

El sistema de calefacción utiliza un quemador de biomasa. Se ensayó en particular con leña pero podría utilizarse cualquier desecho agrícola, mejorando así la rentabilidad del sistema integrado. El horno fue construido con un tacho de combustible de 200 litros, el cual fue revestido en el interior con ladrillos refractantes, incluido la tapa superior. Se construyó en su parte inferior una pre cámara que sirve para retirar las cenizas y como entrada del aire de un pequeño ventilador tangencial que se encarga de avivar la combustión y forzar la circulación de los gases. El horno posee recirculación de gases, lo cual permite variar el caudal y la temperatura de salida. En los ensayos se llegó a medir temperaturas de salida superiores a los 1000 °C.

El gas de combustión pasa luego a través de un intercambiador de calor tipo banco de tubos. Este fue cosntruido con caños de 5 cm de diámetro y 0.9 mm de espesor. El intercambiador se construyó con cuatro fila de caños dispuestos en forma alternada, con 10 cm de separación de centro a centro. La longitud de los caños es de 70 cm y el banco utilizó un total de 38 de estos tramos. Los extremos de los caños terminan en una caja construida con chapa negra de 0.9 mm de espesor. Las dimensiones de los cajones es de 1 m de largo por 30 cm de alto y 15 cm de fondo. Ambas cajas tienen un agujero lateral que permite la entrada o la salida de gases como así también, el acople de caños galvanizados de 10 cm de diámetro.

El intercambiador se diseñó para que a una temperatura de régimen de 700 °C a la entrada, cayese a la mitad en la salida. Experiencias que se realizaron con el horno se ajustaron a este funcionamiento con una abertura media en la entrada del ventilador. Sin embargo se observó que el calor no se distribuye homogéneamente por todos los caños,

salvo cuando el flujo es bajo y en consecuencia la temperatura de salida más alta. En la figura 4 se muestra un diagrama del intercambiador de calor.

El sistema se completa con un ducto de 28 cm de diámetro, por el cual circula el gas que sale del intercambiador. El ducto está semi enterrado, recorriendo longitudinalmente el túnel de secado. El gas de combustión es expelido al ambiente a un nivel por encima del invernadero.

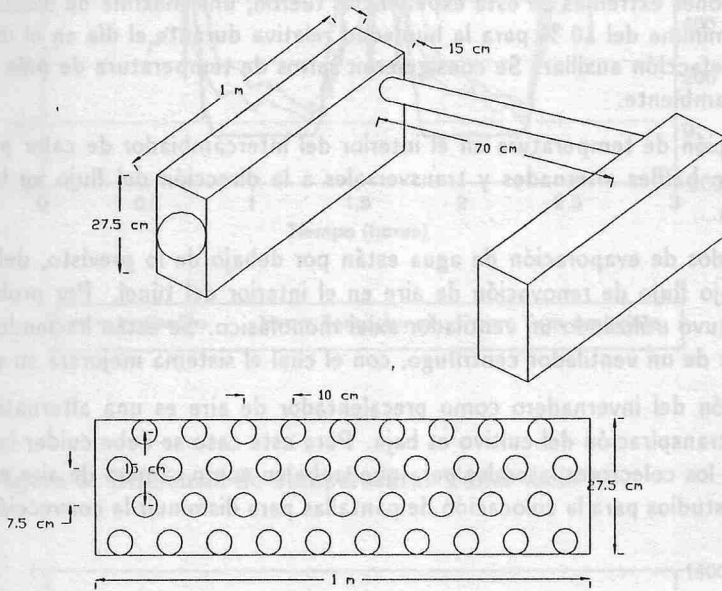


Figura 4: Intercambiador de banco de tubos alternados

## RESULTADOS PRELIMINARES

En los gráficos 5 y 6 se observa que la temperatura del secadero se encuentra por encima de la ambiente en todo momento, alcanzando a diferenciarse un máximo de 30 °C durante las horas pico de radiación. Esta diferencia bajó a unos pocos grados durante la noche. En consecuencia la humedad relativa del túnel se mantuvo siempre por debajo de la ambiente. Sin embargo, la humedad absoluta no se comportó como un calentamiento sensible, esto se debe a que todavía no existe un buen cierre con la zona del invernadero donde el ambiente es más húmedo debido a la evapotranspiración de las plantas.

En los gráficos 7 y 8 se muestran los resultados de un ensayo con el túnel cargado sin utilizar la calefacción. Se cargó el secadero con 122 litros de agua, dispuestos en una bandeja de chapa de 1.8 m de largo por 1.1 m de ancho. Como es dado de esperar, se observó un aumento de la humedad relativa a la salida del túnel como consecuencia de la evaporación del agua. Durante el día la diferencia se mantuvo en un 10 %. Durante la noche la humedad relativa de salida estuvo por debajo de la de entrada debido a la entrega de calor acumulado en el suelo, lo cual eleva la temperatura de salida. La batea con agua evaporó unos 12 litros durante el día y aproximadamente la mitad durante la noche.

Se observó durante el día una caída en la temperatura de salida de unos 8 °C con respecto a la de entrada, debido al enfriamiento evaporativo característico del proceso de secado. La temperatura de entrada al túnel superó en unos 25 °C a la ambiente, durante en el pico de radiación.

## CONCLUSIONES

Las condiciones extremas de esta experiencias fueron, una máxima de 62 °C de temperatura y una mínima del 10 % para la humedad relativa durante el día en el interior del secadero, sin calefacción auxiliar. Se consiguieron saltos de temperatura de más de 30 °C con respecto al ambiente.

La distribución de temperatura en el interior del intercambiador de calor puede mejorarse colocando baffles alternados y transversales a la dirección del flujo en la caja de entrada de gases.

Los resultados de evaporación de agua están por debajo de lo previsto, debido principalmente al bajo flujo de renovación de aire en el interior del túnel. Por problemas de instalación se estuvo utilizando un ventilador axial monofásico. Se están haciendo los arreglos para instalar de un ventilador centrífugo, con el cual el sistema mejorará su eficiencia.

La utilización del invernadero como precalentador de aire es una alternativa válida cuando la evapotranspiración del cultivo es baja. Para este caso se debe cuidar las infiltraciones de aire en los colectores laterales para que trabajen como cámara de aire en reposo. Se iniciaron los estudios para la colocación de pantallas para disminuir la convección natural en estos.

## REFERENCIAS

1. Saravia L. y Condorí M. *Secador Invernadero del Tipo Túnel*. Actas 15° Reunión Nacional de Energía Solar y Fuentes Alternativas. Catamarca, 1992.
2. Navarro Albaladejo F. y Costa Garcia J. *La oleorresina de pimentón*. Universidad de Murcia, 1993.
3. Condorí M. y Saravia L. *Secadero Invernadero Solar Híbrido de Producción Continua*. Actas 16° Reunión de Trabajo de la ASADES. La Plata, 1993.
4. Saravia Luis et. al. *Diseño y Construcción de un Sistema Integrado Invernadero - Secador con Calentamiento Combinado Solar - Biomasa*. Actas 16° Reunión de Trabajo de la ASADES. La Plata, 1993.

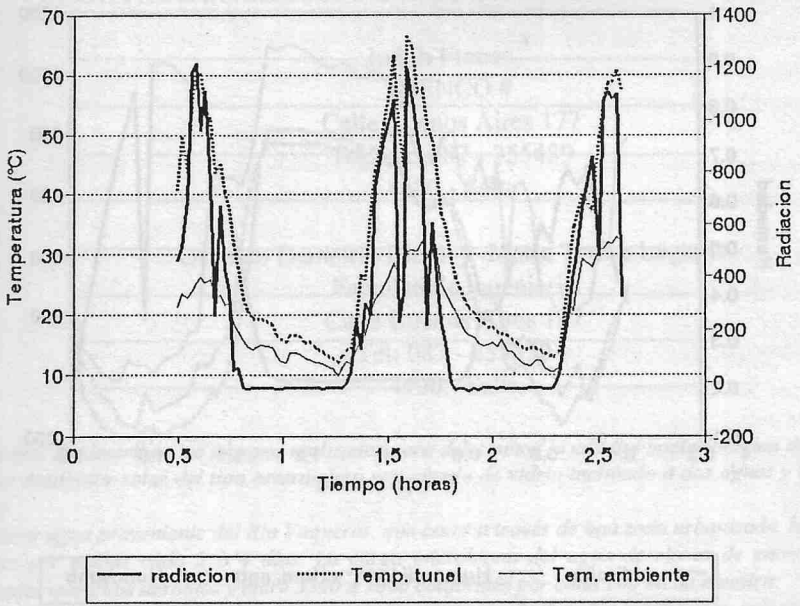


Figura 5: Diferencia de Temperatura. Túnel vacío

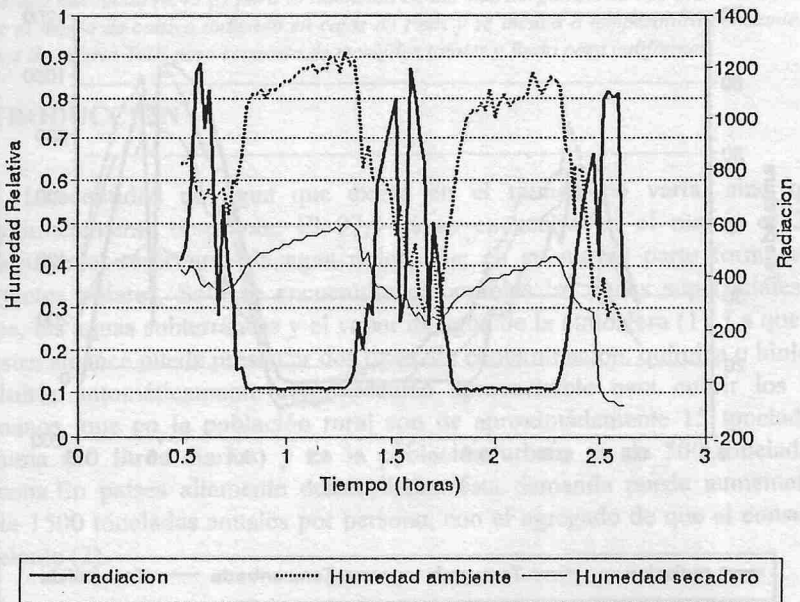


Figura 6: Diferencia de Humedades. Túnel vacío

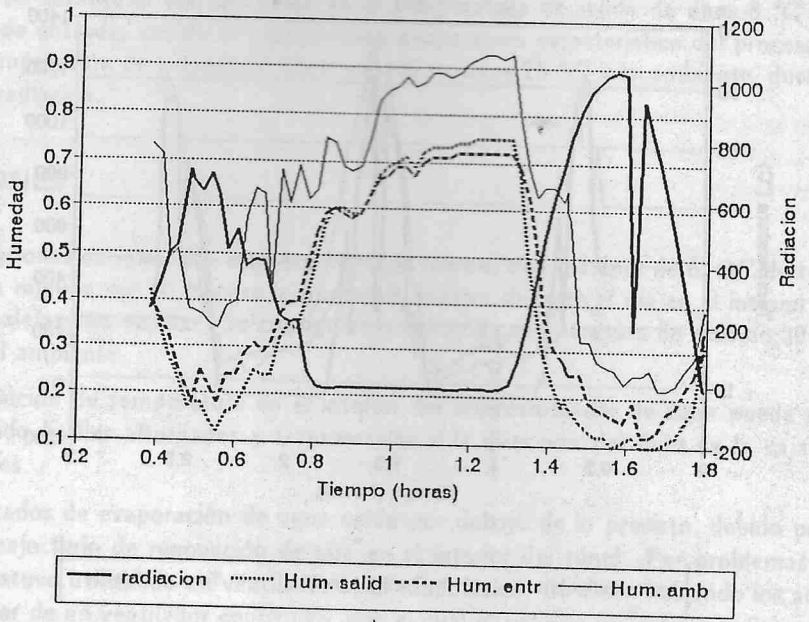


Figura 7: Diferencia de Humedad. Evaporación de agua

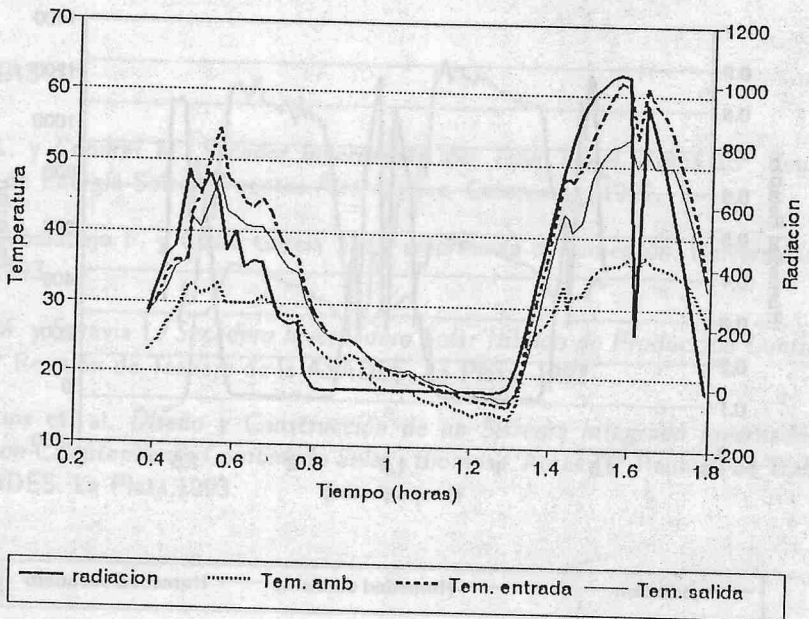


Figura 8: Diferencia de Temperatura. Evaporación de agua