

Diseño conceptual de un sistema de secado de ciruelas con energías renovables

Agosto 2018



INSTITUTO MULTIDISCIPLINARIO DE
ENERGÍA
SECRETARÍA DE DESARROLLO
INSTITUCIONAL Y TERRITORIAL

Secretario Instituto de Energía

Ing. Amílcar José Barletta

Equipo de trabajo

Ing. Natalia Spano

Ing. Carina Maroto

Ing. José David García Lancheros

Ing. Gastón Clement

Ing. Diego Logotetti

Tomás Falcioni

Valentina Bustos

Proyecto financiado por la SPU "Universidades Agregando Valor"

INTRODUCCIÓN

En el presente informe se presenta el diseño conceptual de un secador de frutos de carozo que utiliza energías renovables como fuente térmica del aire de secado. Se busca, adicionalmente, el aumento de la eficiencia de los secaderos con buenas prácticas del sistema, en miras de viabilidad técnico-económica como alternativa para pequeños productores, a través de la asociación y el secado en conjunto mediante un prototipo de mediana escala.

El diseño brinda una alternativa a los productores, en concordancia con el contexto de políticas energéticas nacionales actuales: aplicación de energías alternativas, renovables y limpias, y desarrollo de proyectos que aporten a la soberanía energética nacional.

Mediante este diseño se pretende reducir el tiempo de deshidratado del fruto, brindando mayor confiabilidad al productor y garantizando un mayor rendimiento de producción. De esta forma, se reduce significativamente el porcentaje de producción que actualmente se vende en fresco a los grandes hornos de secado. En este sentido se cree oportuno, debido al carácter público de las entidades participantes, favorecer en primera instancia a los pequeños productores, apostando posteriormente que con resultados favorables se pueda extrapolar el diseño a una escala mayor.

DISEÑO CONCEPTUAL

Premisas de diseño

A fin de generar un diseño versátil para secaderos en general, que impacte positivamente en el sector agroindustrial, el mismo se diseña en base a las formas industriales existentes, la eficiencia energética y el uso de combustibles renovables disponibles en la zona; a continuación se describen las premisas de diseño utilizadas en el sistema.

- **Aislamiento térmico del túnel de secado:** Debe aislarse térmicamente el túnel de secado, disminuyendo significativamente la transferencia de calor al ambiente, a fin de utilizar eficientemente la energía generada por el sistema térmico renovable. Con 25mm de 141 b Ecológico, aplicado a la superficie exterior de los túneles de secado, se obtendrá un coeficiente de conductividad térmica aproximado de 0,020 kcal/m²Ch.
- **Inyección y recirculación de aire:** La inyección y recirculación de aire diferencian al horno californiano del horno tradicional a leña. De las mediciones realizadas en campo se pudo concluir que las tomas e inyecciones de aire superiores brindan un mejor movimiento del aire y aumentan la eficiencia del sistema, esto es así debido a que la inyección superior genera un movimiento más fluido del aire, mientras que la recirculación reutiliza aire que ya ha pasado por el túnel para aumentar la temperatura del sistema. Al realizar la toma de recirculación superior se trabaja con aire más caliente y más seco aumentando la eficiencia energética del sistema y del aire de secado.
- **Temperaturas de uso:** Cada productor y cada tipo de secado (contra y cocorriente) tiene requerimientos térmicos particulares, por lo que el sistema se adecuará a las necesidades específicas de cada productor.
- **Aporte térmico del sistema:** Se integrarán como fuentes energéticas el sol (colector térmico) y la biomasa (quemador de biomasa con intercambiador de calor), bajo la configuración de biomasa como pico y, debido a sus fluctuaciones, la energía solar térmica como base, aprovechando totalmente la energía solar captada y usando la biomasa como estabilizador de la temperatura (90°C). Se obtiene de esta forma un beneficio económico por el uso la biomasa como combustible renovable, que sumado la energía solar se hace aún más eficiente el sistema térmico.

Túnel de secado

Constructivamente se parte de un container de 40 pies, aislado en su exterior con 141 b Ecológico (libre de CFC), lo cual permite mantener la temperatura a lo largo del túnel, pudiendo evitar la mayor pérdida de calor posible. A fin de mejorar el movimiento de los carros en el túnel, el container está provisto de rieles que funcionan como pasarelas para estos, además, cuenta con ayuda mecánica, que facilita el ingreso (Fig. 1).



*Fig. 1: Sistema mecánico de movimiento de carros al interior del túnel.
Fuente: INTA de Rama Caída, Mendoza.*

Tanto las ayudas mecánicas como el aislamiento del túnel de secado impactarán positivamente en los tiempos de producción, debido al aprovechamiento térmico óptimo del aire de secado y de los movimientos logísticos de la producción.

Aporte térmico solar

Se prevé que el diseño sea robusto, de bajo mantenimiento, con materiales accesibles y fáciles de conseguir; de forma de facilitar al productor eventuales reparaciones a realizar. En este sentido se propone un diseño de la cámara de secado muy simple pero adaptado ergonómicamente al usuario, provisto de un sistema de bandejas basculantes que simplifiquen el proceso de carga y descarga. Se toma en cuenta también, como pauta de diseño, que el volumen a ingresar de ciruela a la cámara de secado sea el mismo que se carga en una pasera convencional, es decir, que ocupa la misma dimensión en el piso. De esta forma se logra una relación comparativa visual e intuitiva del beneficio obtenido por este sistema respecto del tradicional. Se espera que esto impacte positivamente en la incorporación de este sistema y genere interés de otras cooperativas que actualmente sortean los mismos inconvenientes.

El costo del dispositivo se estima ronda los U\$S 3550, valor perfectamente asequible para una producción de 4 ha -cantidad mínima que se espera secar mediante este sistema. La amortización del producto no sólo resulta de la posibilidad de secar el total del producido, situación que anteriormente era imposible para muchos de los productores, sino también debido a las mayores posibilidades de negociación ante acopiadores y exportadores, producto del bajo riesgo de acopiar los frutos en sus propias fincas. Se espera que, mediante la incorporación de este sistema, los productores reduzcan hasta un 70% el tiempo requerido para secar la misma cantidad de fruta respecto al secado en pasera.

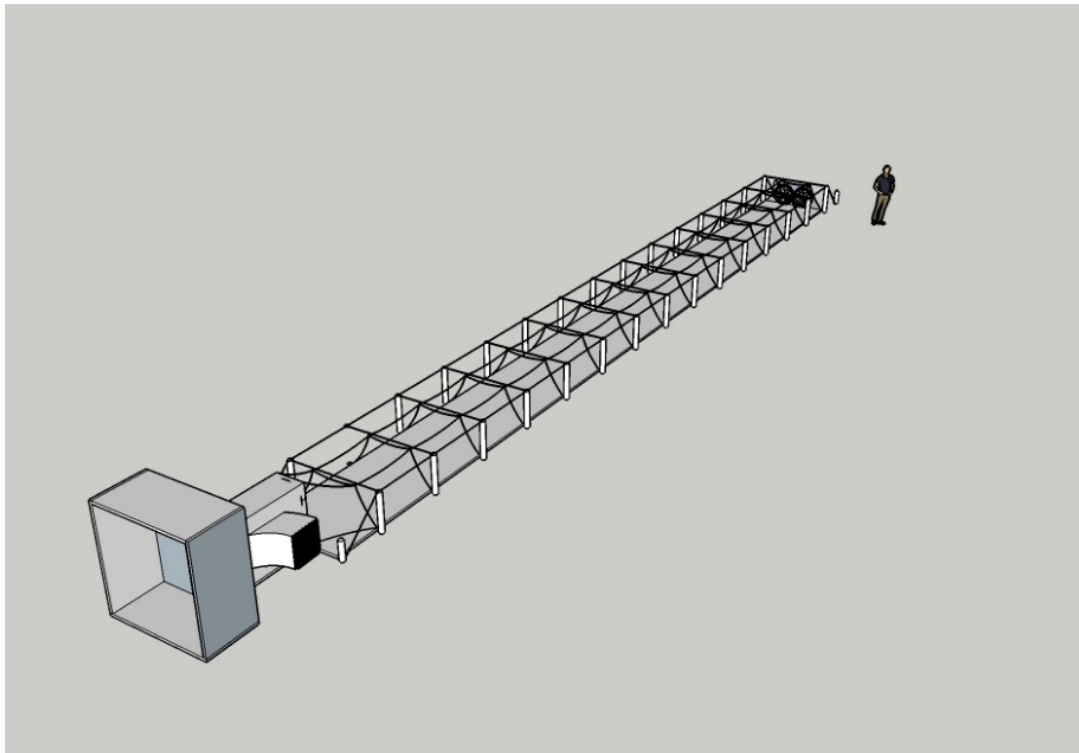


Fig. 2: Colector solar

Aporte térmico biomásico

La empresa mendocina BIOTEK diseña y fabrica sistemas térmicos a biomasa para la inyección de aire caliente en procesos industriales, como por ejemplo, el secado de frutas. A continuación, se describe un equipo compuesto por un intercambiador de calor conectado a un quemador de biomasa granular policombustible, con diferentes opciones de combustible locales o industrializadas como pellet de madera, orujos, cáscaras o hasta el mismo carozo de ciruela en el caso de tenerlo como residuo. Los humos de la combustión controlada de la biomasa fluyen por entre los tubos del intercambiador de calor, en el cual se inyecta una corriente de aire forzada por una turbina, intercambiando indirectamente el calor de los humos al aire forzado y evacuando los gases de combustión al exterior por la chimenea. Se obtiene de esta forma una corriente de aire limpio y seco, con flujo constante y temperatura estable, inyectable a los túneles de secado.

Al tratarse de una base térmica lineal, se transforma en un modulador de base renovable ideal para el sistema planteado, ya sea que trabaje con el carozo residual de la producción (reutilización y remediación de un pasivo ambiental, con un mayor impacto económico), con biomasa local o biomasa industrial (pellet de madera por ejemplo).

De la combustión se tiene como residuo la ceniza de la biomasa y humos, los cuales son controlados sensiblemente por el sistema para su disposición.

N°	Identificación	Cantidad
1	Quemador de biomasa policomcombustible QBT1000-P de 1.000 kW - 860.000 kcal/h. Con sistema de control e interfaz del usuario. Apto para funcionar con biomasa granulada, tal como pellets de madera, cáscara de nueces, pistacho, carozo de aceituna, etc.	1 (uno)
2	Silo de acopio de biomasa con mirilla de nivel, de 2,5m ³ de capacidad.	1 (uno)
3	Sinfín de alimentación desde el silo al quemador.	1 (uno)
4	Intercambiador de aire caliente, humo tubular vertical de fácil limpieza y mantenimiento.	1 (uno)
5	Conducto (pleno) transición intercambiador túneles.	1 (uno)
6	Conducto (pleno) transición ventilador intercambiador.	1 (uno)
7	Turbina-Ventilador de aire forzado.	1 (uno)

Fuente: BIOTEK www.biotek.com.ar

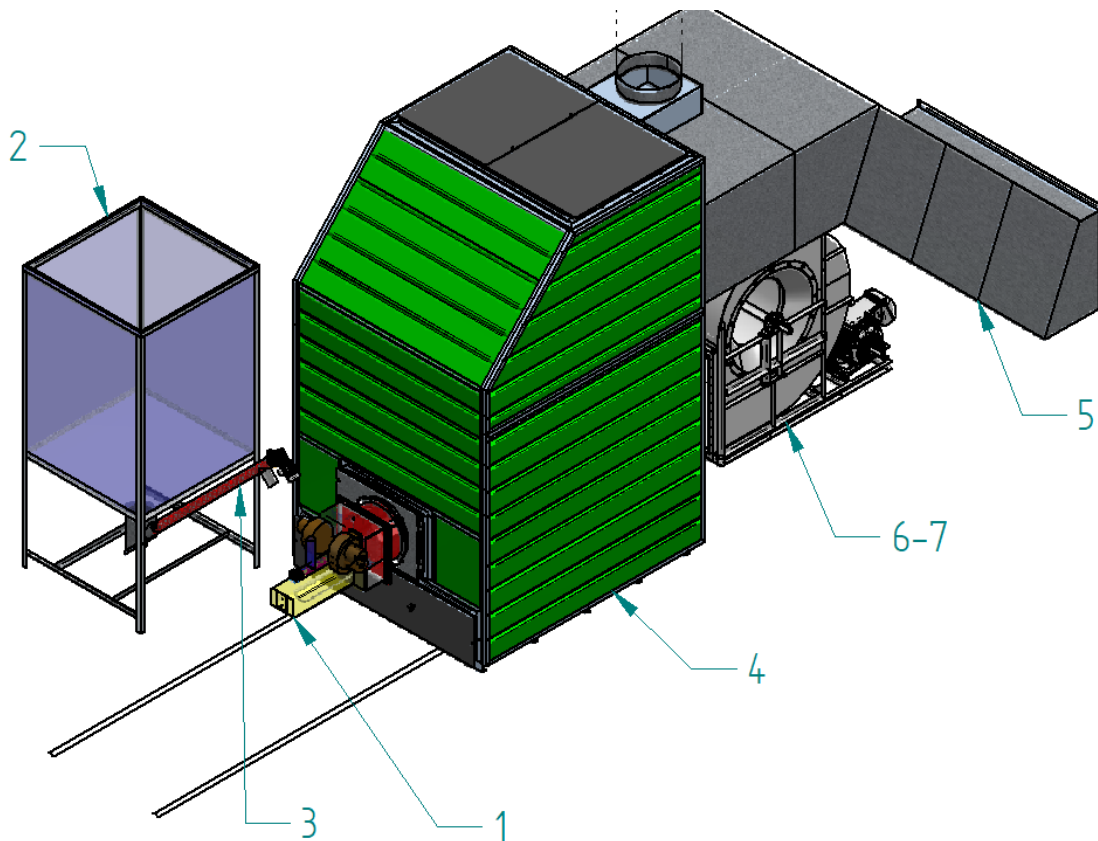


Fig. 3: Generador de aire caliente a biomasa

Fuente: BIOTEK www.biotek.com.ar

Cada generador de calor está equipado de:

- Termostato de temperatura de humos, sensor temperatura de aire caliente y sensor de llama.
- Elementos de seguridad y automatismo necesarios para un funcionamiento totalmente automático.
- Modulación automática en 4 niveles de potencia con nivel de ralentí lo que le permite mantener un bajo nivel de llama sin apagar el quemador y evitar frecuentes arranques y paradas del quemador.
- La presente cotización no incluye ingeniería, fabricación, montaje y gastos administrativos (transporte y viáticos) correspondientes a la adaptación del quemador al horno; dichas actividades se cotizarán aparte, de acuerdo a evaluación técnica del horno.
- Los quemadores deberán ser conectados a un tablero eléctrico general, con las respectivas conexiones y protecciones, suministrado por el cliente, de acuerdo a especificaciones aprobadas por BioTek.

Modelo QUEMADOR: QBT1000-P	Unidad	
Potencia máxima quemador	kcal/h	860.000
Eficiencia con Pellets de Madera	%	>90
Combustible Principal		Biomásas granuladas/pellet de madera
Humedad máxima	%	15
Consumo de combustible	kg/h	46-140
Voltaje	Volt	3 x 380

Fuente: BIOTEK www.biotek.com.ar

Modelo híbrido integral

El modelo busca tener un aporte térmico híbrido, con aporte solar térmico de base (fluctuante a lo largo del día) modulado por un sistema a biomasa que mantiene la temperatura estable (cerca a los 90°C) para el sistema de secado en túneles continuos.

El aire que ingresa a los túneles tiene tres orígenes gobernados por el sistema a biomasa. El aire exterior es calentado mediante un colector solar; una cámara con dos ingresos, uno directo en sentido longitudinal que conecta el colector solar con el sistema a biomasa y otro ingreso lateral de aire exterior cuando no se tenga aporte térmico solar. De la salida de los túneles de secado es reingresado aire húmedo a una temperatura media de 60°C, aprovechando el calor residual del proceso. Estos dos aires son ingresados al sistema a biomasa, a través de una turbina que impulsa el aire a un intercambiador de calor en el cual fluyen los humos calientes por el interior de una serie de tubos y por el exterior de estos fluye el aire precalentado (recirculación + solar o exterior).

Con el presente diseño se garantiza el procesamiento de un máximo de 540 toneladas de ciruela por túnel al año, con linealidad en la temperatura y flujo de aire, necesarios para el secado en dos túneles, de manera eficiente con aporte térmico renovable. Al ser un sistema modular, puede alimentar un solo túnel en miras de expansión futura de producción o asociación entre productores que aumenten la demanda del sistema.

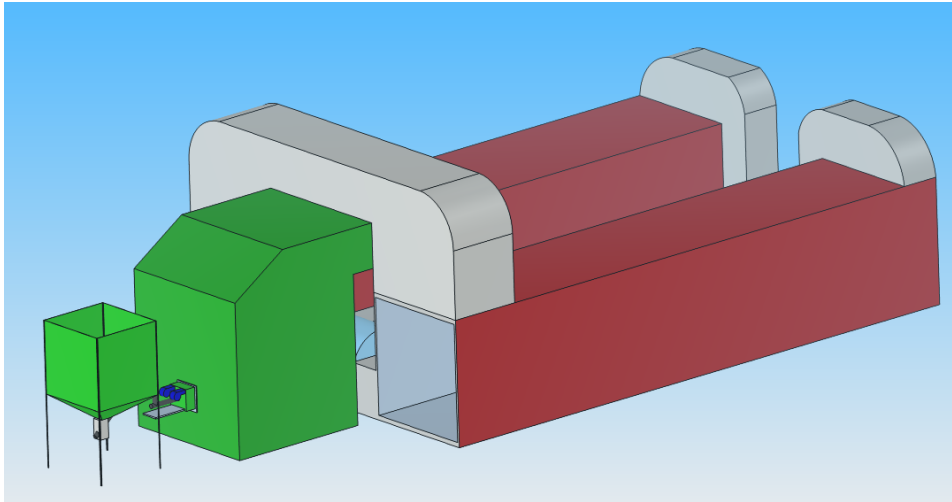


Fig. 4: Modelo de integración sistema térmico con túneles de secado

La biomasa utilizable dentro del ciclo térmico puede ser carozo de la ciruela reutilizada dentro del mismo proceso Constructivamente el diseño cuenta con los siguientes subsistemas:

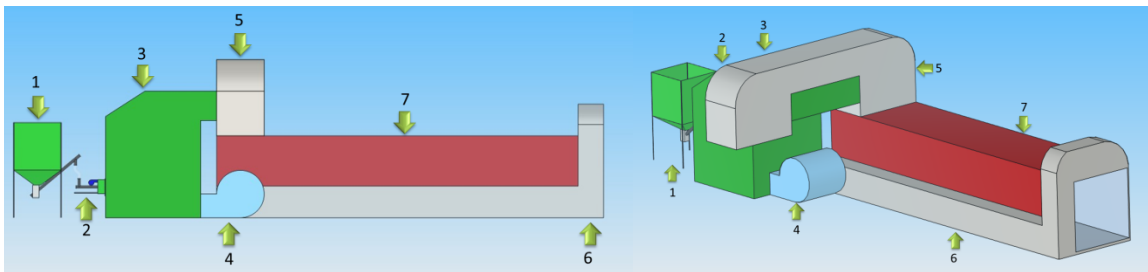


Fig. 5: Modelo de integración sistema térmico

Ítem	Nombre	Funcionamiento
1	Tolva con sistema de elevación de biomasa	Acumulación de la biomasa combustible, para su posterior alimentación al quemador.
2	Quemador de biomasa	Aporte térmico automático al sistema, alimentado con biomazas granulares.
3	Intercambiador de Aire	Sistema de inyección de aire indirecto (intercambio de calor entre humos y aire), para la generación de aire limpio y seco.
4	Turbina de aire	Forzador de aire a la entrada del intercambiador. Mezcla los aires de recirculación y colector solar o exterior, para su regulación lineal térmica en el intercambiador.
5	Difusor de aire	Ducto de direccionamiento de aire caliente
6	Recirculación de aire de secado	Ducto de reinyección de aire recirculado del túnel de secado a la turbina de aire.
7	Túnel de secado	Estructura metálica aislada, por donde pasan los carros cargados con la ciruela.

Estimación de costos

De acuerdo a los elementos dimensionados en el diseño conceptual, se estima el costo del equipo propuesto.

Cant.	Equipo/Material	Precio unitario (U\$S)	Precio total (U\$S)
2	Container 40'	3.000	6.000
200m ²	Aislamiento	1.500	3.000
2	Adecuaciones de containers (rieles y ductos)	1.000	2.000
1	Colector Solar	3.550	3.550
1	Sistema térmico a biomasa	56.000	56.000
	TOTAL		70.550

Resultados esperados

Mediante la implementación del diseño propuesto se pretende la independización de la empresa de combustibles fósiles como fuente térmica del proceso. Se busca obtener un producto atractivo, económico y de bajo costo de operación, que reduzca el impacto ambiental del sector y con buena aceptación entre los productores.

Se espera que pequeños productores puedan asociarse y secar su producción en conjunto, evitando así las pérdidas por condiciones climáticas desfavorables, la contaminación por secado al aire libre y la alta mano de obra necesaria para operar las paseras. Se brinda la posibilidad de aumentar la eficiencia energética del sistema mediante la reducción de tiempos de secado y homogeneizar la calidad del producto; a través del diseño del horno de secado se optimizan estas variables, para acceder a mercados más competitivos.

El proyecto es escalable, por lo tanto, se busca llegar a grandes productores, ya sea en la optimización energética de sus procesos y/o en la aplicación de energías renovables como complemento o sustitución de combustibles fósiles actualmente utilizados.

En cuanto a gestión ambiental, la reducción de residuos y pasivos ambientales que se aprovecharían como combustible presenta un beneficio al medio ambiente y a la logística de la empresa para disponer de estos de manera adecuada. Además, la disminución de la combustión de derivados de petróleo reduce la emisión de gases de efecto invernadero. La empresa contará con la posibilidad de certificar bonos de carbono y consagrarse como una empresa limpia.

Conclusiones

El diseño propuesto trabaja con dos fuentes térmicas renovables independientes integrables, por lo tanto, pueden satisfacerse los requerimientos de proceso de los productores, independientemente de su escala, con la utilización de una o ambas fuentes. Es decir, si un productor pequeño pretende mejorar la eficiencia de su proceso, puede aplicar el sistema solar, como una mejora de la pasera que actualmente utiliza. Escalas mayores, ya sea un productor grande o la asociación y secado conjunto de pequeños productores, serán atendidas mediante el sistema completo, ya que se trata de un sistema modular (puede ponerse uno o dos túneles en funcionamiento, dependiendo del requerimiento).

Estimando un tiempo de residencia del carro en el túnel de 24h¹ y teniendo en cuenta los valores promedio de producción relevados (16t/ha.año), se estima que el sistema tendrá una capacidad de producción anual por túnel de 540 toneladas (1.080t/año para el sistema completo), cubierta por aproximadamente 22 productores pequeños.

¹ Valor tomado de sistemas de secado convencional, se estima que el sistema propuesto disminuya este tiempo de residencia, pero no se cuenta con valores empíricos.



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO

INSTITUTO MULTIDISCIPLINARIO DE
ENERGÍA
SECRETARÍA DE DESARROLLO
INSTITUCIONAL Y TERRITORIAL