

EL SECADO POR CALOR SOLAR DE LA MADERA ASERRADA: EXPERIENCIAS REALIZADAS POR EL INIA.

Por Juan Ignacio Fernández-Golfín Seco
Humberto Álvarez Noves
Departamento Industrias Forestales
CIT-INIA

(1).

El proceso del secado de la madera al aire libre suele presentar normalmente una serie de inconvenientes, tales como: lentitud, defectos en la madera y contenido final de humedad inadecuado.

Para evitar estos inconvenientes, en muchos casos se recurre a secar la madera en cámara, pero esta operación implica un mayor coste, tanto en instalaciones como en funcionamiento. Un método que elimina o disminuye las desventajas del secado al aire libre y a su vez rebaja el coste del secado en cámara puede ser el secado con calor solar.

El secadero solar que se describe en este trabajo es un prototipo modular diseñado y desarrollado en el Departamento de Industrias Forestales del Centro de Investigación y Tecnología del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (INIA) de Madrid. Desde el principio del trabajo se procuró que la instalación fuese lo más sencilla y barata posible, pero que contase con un sistema de control de las condiciones ambientales que impidiese la aparición de defectos en la madera durante el secado y que su coste de funcionamiento fuese lo más bajo posible. Por otra parte, el secadero solar experimental debía ser un módulo, con el fin de que las experiencias que de él se obtuvieran fueran válidas para los secaderos industriales, los cuales deben constar de varios módulos según las necesidades de cada empresa.

Teniendo en cuenta que el funcionamiento de este tipo de secadero depende por entero de las condiciones ambientales y, principalmente, de la intensidad de radiación solar recibida, el rendimiento que se puede obtener de él dependerá de su situación geográfica. Las experiencias que se describen han sido realizadas en Madrid, con una latitud Norte de 40° 42', una altitud de 640 m y un valor medio del número total de horas de sol despejado de 2.820 al año. Por consiguiente, los resultados obtenidos pueden hacerse extensivos al resto de España, excepto a algunas zonas de Galicia, cornisa Cantábrica y Pirineos. Indudablemente estos resultados pueden ser orientativos para otra zonas de los distintos países mediterráneos.

OBJETIVOS

Existen dos objetivos claros en este estudio. El primero es el de proponer un modelo de secadero técnico y económicamente viable, tanto en aspectos de diseño como de regulación de la operación de secado. El segundo es el de describir numéricamente el comportamiento del modelo.

A lo largo de los distintos trabajos realizados hasta el momento sobre el secado con el calor solar, se ha puesto de manifiesto que las condiciones de la operación varían con el lugar, clima, especies a secar, espesores y modelo de secadero adoptado, por lo que la generalización no es posible, debiendo ser estudiado cada caso y situación particular.

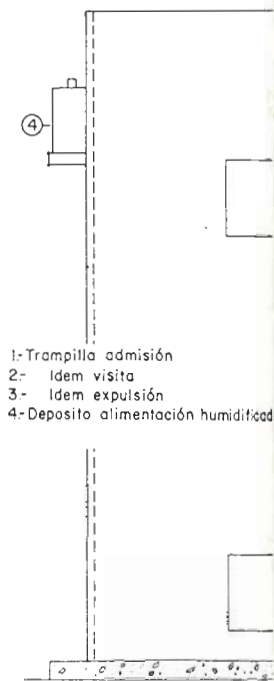
Por otra parte, es de destacar que la mayoría de las experiencias realizadas hasta la fecha se han centrado fundamentalmente en el diseño del secadero, no abordando en profundidad los aspectos de su regulación y control. Esto es especialmente patente en las experiencias efectuadas con modelos del tipo invernadero y semi-invernadero. En nuestro caso se han estudiado por igual ambos aspectos, el de diseño y el de regulación, optimizando esta última en función de los resultados de las experimentaciones efectuadas.

DETALLES CONSTRUCTIVOS DEL SECADERO

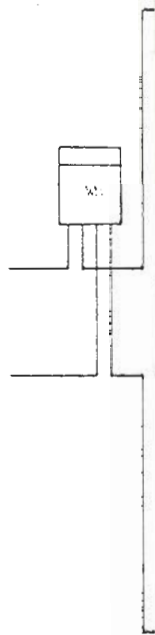
Las figuras dan una descripción de los detalles constructivos más importantes.

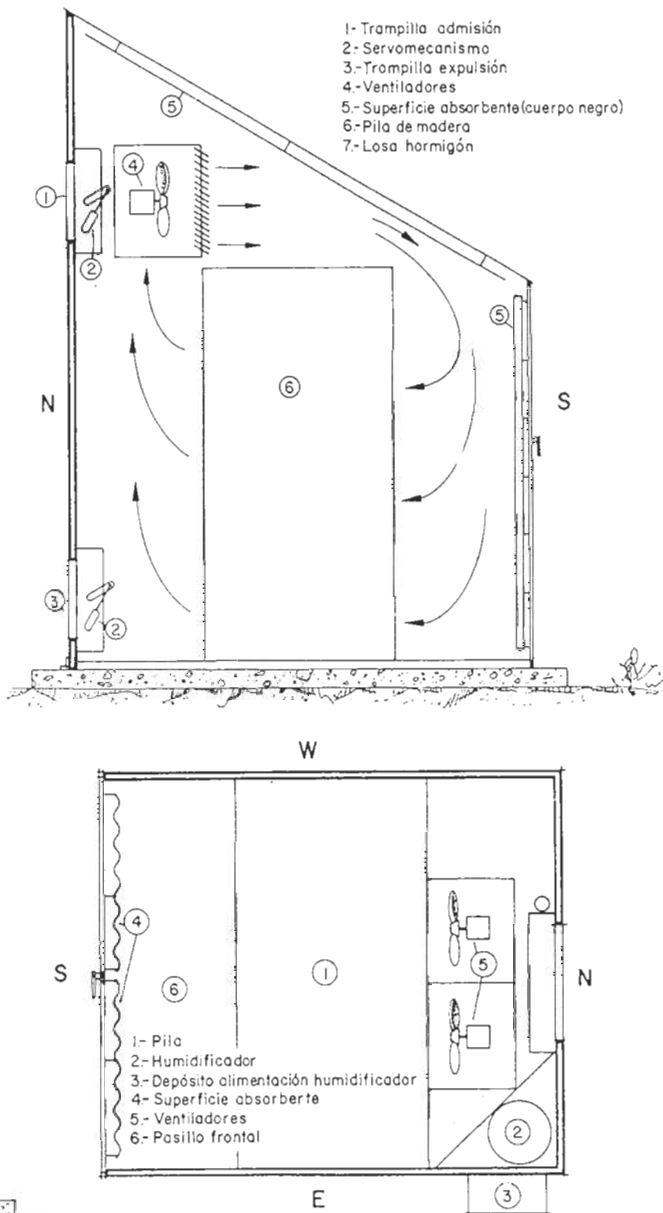
Estructura del secadero

Las dimensiones del secadero se fijaron en, aproximadamente, 203 cm de largo (dirección Este-Oeste), 240 cm de ancho (N-S), 200 cm de alto en la pared Sur y 340 cm en la Norte. Las paredes ciegas (Norte, Este, Oeste y suelo) se construyeron con paneles sandwich compuestos por dos chapas metálicas galvanizadas, de 0,5 mm de espesor, y un alma de espuma de poliuretano de 35 mm. Para su construcción se emplearon módulos de 30, 45, 60 y 90 cm de anchura, con un altura marcada por la del secadero. La capacidad de cámara era, aproximadamente, de 2 m³, aunque dado su carácter modular es ampliable sin más que añadir módulos idénticos al primero en la dirección Este-Oeste (conservándose, por tanto, el ratio superficie del colector a capacidad en madera de la cámara).



1- Trampilla admisión
2- Idem visita
3- Idem expulsión
4- Deposito alimentación humidificada





Colector solar

Al ser el modelo elegido para nuestras experiencias de tipo semi-invernadero, los colectores solares, (cubierta y pared Sur) quedan incluidos dentro de la estructura del secadero. La figura 1 refleja un detalle de ambos colectores.

De dentro a fuera cada colector se compone de:

- Una chapa ondulada de aluminio, de 1 mm de espesor, pintada de negro mate con pintura térmica.
- Una cámara de aire ventilada, de 5 cm de espesor.
- Una estructura metálica resistente, a la que van fijadas tanto las chapas de aluminio arriba mencionadas como el material de recubrimiento.
- Como material de recubrimiento se empleó, inicialmente, placas de polimetacrilato de metilo extruido, pero dado su mal comportamiento en la práctica, con abundantes fisuraciones a los seis meses de servicio, se sustituyeron por vidrio común de ventana de 4 mm de espesor.

Esta construcción determinó una absorptancia de la superficie absorbente, de 0,91: una transmitancia del vidrio de 0,88 y una absorptancia del vidrio de 0,08. El colector de la pared Sur, de 2x 2 m², dado que en este modelo experimental queda integrado en la puerta de la cámara de secado, se dispuso verticalmente. No obstante, en el modelo industrial, dado que la puerta se ubicaría en una de las paredes laterales (Este u Oeste), sería posible darle una inclinación respecto de la horizontal, lo que le haría ganar en energía solar captada y, por tanto, en economía de tiempo.

El colector de cubierta se montó con una inclinación de 30° respecto de la horizontal, la cual no es la óptima de la zona (Madrid) desde un punto de vista estrictamente energético, pero sí la es teniendo en cuenta simultáneamente los aspectos de captación y ventilación.

Esta superficie de cubierta, junto con la de la pared Sur, configura una superficie captadora total de 9,48 m².

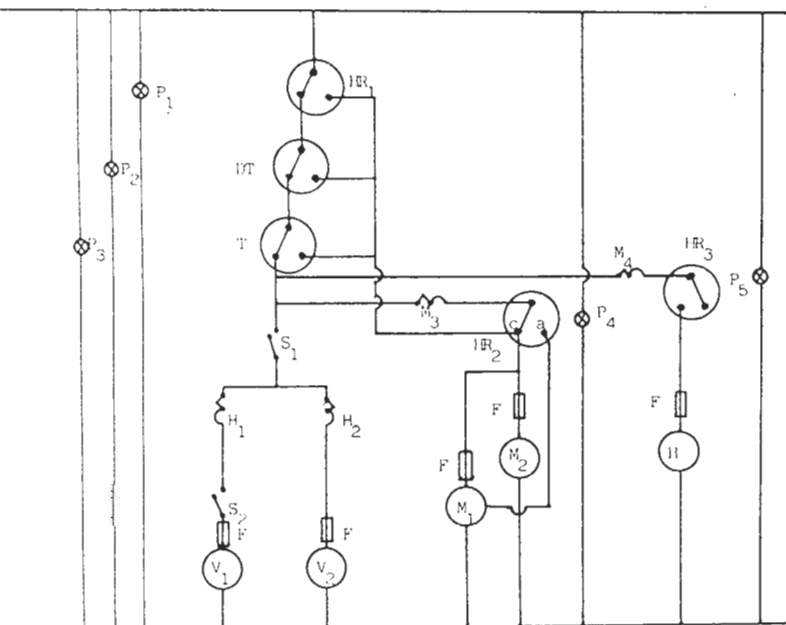
El ratio de superficie del colector a capacidad (m³) de madera de la cámara de secado, necesario para la comparación entre modelos, es de 4,74 m²/3.

REGULACION Y CONTROL DEL SECADERO

De igual forma que en los secaderos tradicionales, el aire interior juega el doble papel de fluido térmico y de agente secante. Por ello es necesario que antes de entrar en contacto con la madera lo haga con la superficie absorbente del colector. En el modelo se consiguió (figura 1) dirigiendo el flujo de aire hacia los colectores.

La circulación interior del aire sufrió algunas correcciones al final de las cuatro primeras experiencias, siendo dotado el secadero, a partir de ese momento, de un segundo ventilador idéntico al primero.

Dispositivo	Función
P, P, P, P, P	Luces piloto y pantalla reguladores
HR	Humidistato exterior
HR	Humidistato interior (trampillas)
HR	Humidistato humidificador
V, V	Ventiladores S & P 0,4 Kw
M, M	Servomotores trampillas
H	Humidificador Defensor 3001
S, S	Interruptor manual de ventiladores
H, H, H, H	Protectores magnetotérmicos
T	Termostato interior
DT	Termostato del diferencial térmico
F	Fusible



Ambos ventiladores de 0,4 Kw de potencia y 40 cm de diámetro, fueron montados, separados 60 cm entre sí, en una caja metálica abierta en su parte inferior (para permitir la recirculación del aire) y frontal (dotada de difusores para dirigir el flujo de aire hacia el colector de cubierta). Dicha caja se montó enfrentada con la trampilla de admisión ubicada en la pared Norte (figuras 1 y 2). La velocidad media del aire conseguida en la primera fase del secado oscilaba en torno a 1,5 m/sg.

Con el fin de conseguir el máximo ahorro energético, uno de los ventiladores fue dotado de un interruptor manual (S2), que lo desconectaba cuando el contenido de humedad de la madera alcanza el 40%. Con ello, la velocidad del aire en la segunda fase del secado se reducía a la mitad, aproximadamente en los 0,75 m/sg.

Para la renovación del aire interior se empleó en las cuatro primeras experiencias un recuperador de calor con un caudal máximo de renovación de 3346 m³/h, y para las seis experiencias restantes se sustituyó el recuperador de calor por dos trampillas de 40 x 60 cm, ubicadas en la pared Norte; una en la parte superior para la admisión y otra en la inferior para la expulsión, provistas de un sistema de rejillas móviles accionadas por un servomecanismo (ver figura), regulado por un humidostato interior. Estas rejillas, según sea su posición, condicionan la renovación del aire, por lo que constituyen un mecanismo eficaz de regulación de la humedad relativa interior.

Para controlar la puesta en marcha del secadero, así como las condiciones que deben reinar dentro de él, de acuerdo con los programas de secado, se empleó el equipo de la figura .

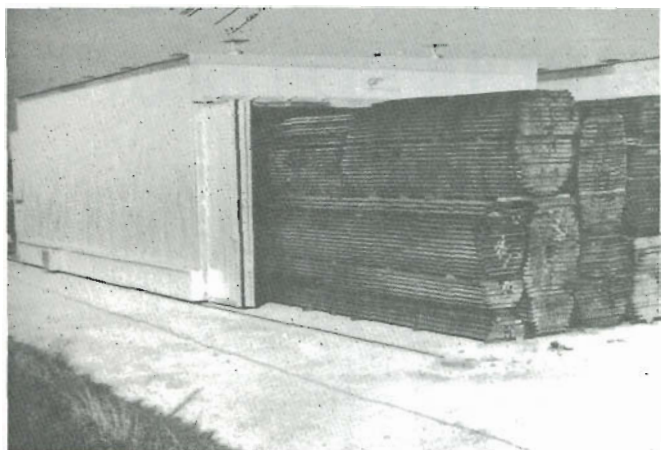
Para facilitar la regulación y control del secadero, todas las pantallas de los termostatos y humidostatos, así como el contador eléctrico, se dispusieron en un único cuadro de control. La secuencia de actuación del sistema de regulación y controles es la que sigue. Si la humedad relativa exterior es inferior o igual a 85 por 100 (valor máximo de funcionamiento del equipo, por encima del cual no interesa operar) HR1 está en ON y el secadero se pone en marcha (1ª etapa).

De la misma manera si la diferencia de temperatura entre el interior del secadero y el exterior (diferencial térmico), éste estará en ON. Otro tanto ocurre con T y la temperatura interior. Por tanto, si HR1, DT y T están en ON el secadero funcionará, en caso contrario parará. Es de señalar que para evitar pérdidas térmicas la parada del secadero obliga al cierre de las trampillas de ventilación (HR2 en OFF).

Con el secadero en marcha, si la humedad relativa interior es mayor que el valor de consigna, HR2 estará en ON y las trampillas de ventilación se abrirán (mediante la acción de M1 y M2). En caso contrario cerrarán. Al mismo tiempo que actúa HR2, actúa HR3 limitando la humedad relativa interior mínima admisible en la cámara, de forma que si la humedad relativa interior es menor que el valor de consigna, HR3 estará en ON y el humidificador funcionará. En caso contrario estará parado.

El interruptor manual S2 permite para un ventilador, V1, a partir de la segunda etapa del secado (por debajo del 40 por 100 de contenido de humedad). Durante la primera etapa del secado la única exigencia previa de funcionamiento del equipo es la de HR1, no actuando ni DT ni T, para lo cual se consignan valores en estos reguladores siempre superables. En la segunda etapa y siguientes, actúan simultáneamente HR1 y DT. T no fue empleado en ninguna de las experiencias efectuadas.

SECADEROS DE MADERA DE ALTA TEMPERATURA



Antes de su utilización industrial a la madera hay que secarla, en condiciones adecuadas con el fin de evitar grietas, mermas y deformaciones. Más exactamente, hay que dar una humedad residual lo más cercana posible a la del medio en que se encuentre. Por lo tanto, un buen secado es una condición necesaria a la buena calidad de las realizaciones en madera. Hasta ahora esta calidad se conseguía mediante un largo ciclo; hoy, los imperativos económicos de rentabilidad, de flexibilidad, de reducción, de existencias, etc... imponen un secado artificial a la vez rápido y de alta calidad.

Con unos secaderos de alta temperatura, la sociedad francesa Cathild ha puesto a punto una original solución para las maderas resinosas que satisface estas exigencias. El secado, realizado a 130° C, en vez de 70° en método clásico reduce a un tercio el tiempo necesario hasta ahora. Con un 30% de deformaciones menos, la calidad y el rendimiento se mejoran. Además, la rotación más rápida permite disminuir los costes de inversión, autorizando secaderos más pequeños de igual capacidad. Por último registra sensibles ahorros de energía al m³ tratado.

Una variante de estos secaderos consiste en utilizar, en vez de una caldera de alta presión, necesariamente costosa, el calentamiento directo por gas. Aparte de su bajo precio y su gran flexibilidad de utilización, este sistema se caracteriza por su respeto al medio ambiente (la combustión del gas sólo produce bióxido de carbono y vapor de agua, el cual contribu-

ye a una mejor regulación del clima y ahorra el empleo de agua de humidificación. Este sistema que permite la calefacción con alta o baja temperatura, siempre posibilita, en un segundo tiempo, conectar el secadero a una caldera clásica o de alta presión.

Otra variante es la cámara desplazable. Ya no se carga y descarga la madera con un carro elevador para llenar el secadero: es el secadero el que se desplaza, montado sobre raíles, para "tragar" las pilas de madera. Las ventajas son muchas. El volumen útil es empleado de manera óptima. La manutención se efectúa, esencialmente, durante el tiempo de secado, lo que reduce costes. Por último este tipo de secadero, reduce de manera sensible el precio de coste de la operación, conviene a todo tipo de especies y para todas las capacidades, y permite una organización racional del parque de maderas.

Todos los secaderos Cathild pueden llevar incorporados un ordenador de seguimiento del secado, que compruebe todos los órganos funcionales y controla continuamente las informaciones recibidas desde los captadores de medida (temperatura, humedad del aire y de la madera...) pudiendo conducir simultáneamente hasta seis cámaras. Una tarjeta modem autoriza la teleasistencia (seguimiento del secado a distancia) y el telemantenimiento (detección de averías y eventual intervención), lo que permite aconsejar al técnico para conseguir un secado óptimo.