

MODELO SENCILLO DEL SECADO DE ROLOS DE PINO

G. Meghirditchian*, B. Zecchi, J. Martínez Garreiro

Dpto. Operaciones Unitarias, Instituto de Ingeniería Química, FIng, UdelaR

*gustavom@fing.edu.uy, (27142714 int.18104)

Área temática: Procesos

Palabras Clave: Secado, Polines de Pino, Modelo difusivo

Introducción

El sector forestal uruguayo ha aumentado en los últimos 30 años. En los 80`s, se estima que las plantaciones de Pinos y Eucaliptos cubrían aprox. 130.000 ha^[1]. Al día de hoy, se estima que más de 250.000 ha son cubiertas solamente por Pinus spp.

El uso de madera en Uruguay aun no se ha introducido masivamente al mercado de la construcción. Esto se debe, entre otras cosas, a la falta de estandarización del proceso y falta de conocimiento técnico del usuario final. En el marco de dicho contexto y como parte de un proceso de mejora, una empresa de fabricación de polines de pino proyecta la instalación de un secadero convectivo de madera para poder imponerle una humedad final deseada a los polines. Para ello la empresa se contactó con los autores del presente trabajo para obtener las cinéticas de secado de los polines de pino.

Objetivo

Obtener un modelo sencillo para estimar tiempos de secado relevando cinéticas de secado de polines de pino con aire a distintas temperaturas.

Materiales

Materia Prima

Se utilizaron 10 polines de pino de 10 cm de diámetro y 40cm de largo, con humedad inicial $58 < \%X (bh) < 67$.

Secador Túnel

El secador utilizado fue un secador túnel piloto (Fig. 1) con control de temperatura y velocidad del aire. Una balanza (OHAUS ARD110) mide continuamente el peso de los polines y registra en la computadora. Un termohigrómetro (VAISALA HMI38) registra continuamente datos de la temperatura y humedad absoluta del aire a la salida del tren de resistencias.



Fig. 1 – Polín en Secador Túnel

Métodos

Determinación de Humedad

Se tomaron rodajas de 5 cm de espesor a cada extremo de los polines y se secaron en estufa a 105 °C durante 48 hs. La humedad se calcula como: $X(\text{bs}) = \frac{M_0 - M_{48h}}{M_{48h}}$

Determinación de Cinética de Secado

Se estudió el secado convectivo de 10 muestras de polines de pino con aire caliente a dos temperaturas (45 y 60 °C) y 1,2 m/s de velocidad en el secador túnel piloto. Las caras laterales de los polines se pintaron previamente para evitar efectos de borde y garantizar el secado en la dirección radial. A cada polín se le realizó un seguimiento de la masa en función del tiempo y se detuvo el secado una vez que se alcanzó una humedad menor a 20% (bh). Finalmente, se determinó la humedad final del rolo y se examinó el mismo buscando grietas y defectos producto del secado.

Modelado de la Cinética de Secado

Se desarrolló un modelo fenomenológico difusivo simple. Se asume que la humedad dentro del sólido migra por difusión radialmente y que no hay resistencia a la transferencia de masa externa (del lado del aire). La humedad en el borde del sólido está en equilibrio con el seno del aire, relacionados por la isoterma de desorción^[2]. Se considera que la difusividad es constante en todo el sólido y que no hay transferencia en las caras laterales (están pintadas). El modelo queda definido por las siguientes ecuaciones:

$$\frac{dX}{dt} = D_{ef} \left(\frac{1}{r} \frac{dX}{dr} + \frac{d^2X}{dr^2} \right)$$

Condiciones de frontera: $\left\{ \begin{array}{ll} r = 0 \text{ y } t > 0 & \frac{dX}{dr} = 0 \\ r = R \text{ y } t > 0 & X(R, t) = X^* = \text{Isoterma}(Y, Ta) \\ t = 0 & X(r, 0) = X_o \end{array} \right.$

Donde $X(r, t)$ es la humedad en base seca del sólido, Y la humedad del aire, Ta la temperatura del aire y x_o es la humedad inicial del sólido.

Se ajustó el modelo estimando el coeficiente de difusividad efectiva a cada temperatura a partir de los datos experimentales y se validó el mismo.

Resultados

Los resultados muestran diferencias moderadas entre las curvas de humedad del polín, $X(\text{bs})$ en función del tiempo para las distintas temperaturas (Fig. 2).

Para alcanzar el límite de 20% de humedad, el secado convectivo con aire a 45°C insume en promedio 6,90 días (con una desviación estándar de 2,7 días), mientras que a 60 °C insume en promedio 5,45 días (con una desviación estándar de 1,1 días).

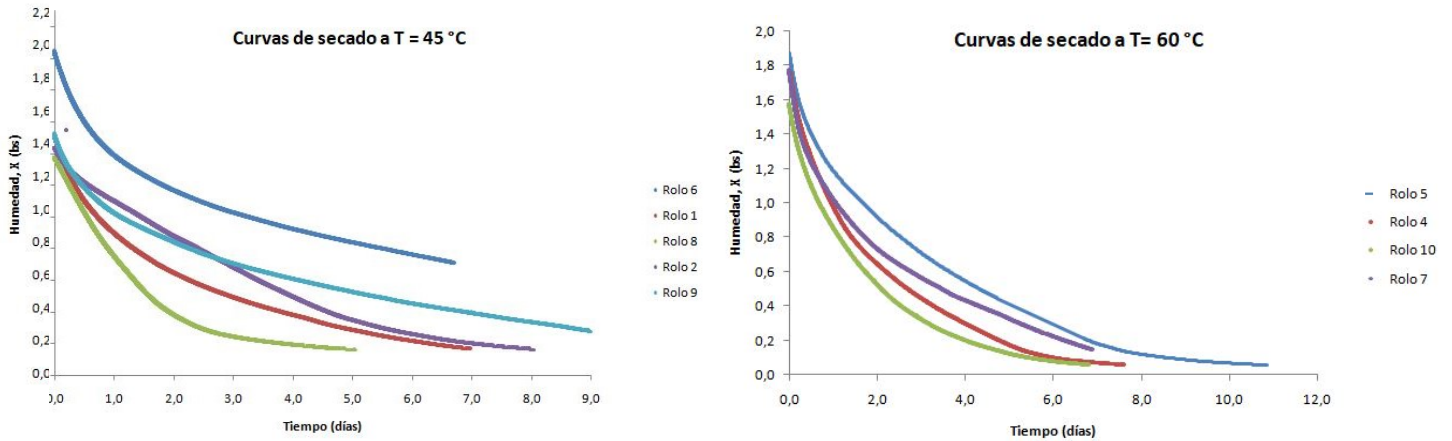


Fig. 2 – Cinéticas de secado consideradas para el ajuste y validación del modelo.

En lo que respecta al modelo difusivo, para 45°C la bondad del ajuste fue buena ($R^2 = 0,974$) y la correlación de las curvas de validación (valores calculados vs datos experimentales) fue moderada ($R^2 = 0,889$). El valor de difusividad ajustado a 45°C es de $1,39E-9 \text{ m}^2/\text{s}$. Para 60 °C se obtuvo un buen ajuste del modelo ($R^2 = 0,995$) y también de la validación ($R^2 = 0,968$). El valor de difusividad ajustado a 60 °C es de $2,89E-9 \text{ m}^2/\text{s}$. Dichos valores son superiores a los reportados en bibliografía (orden de $10E-10\text{m}^2/\text{s}$)^{[3][4]}.

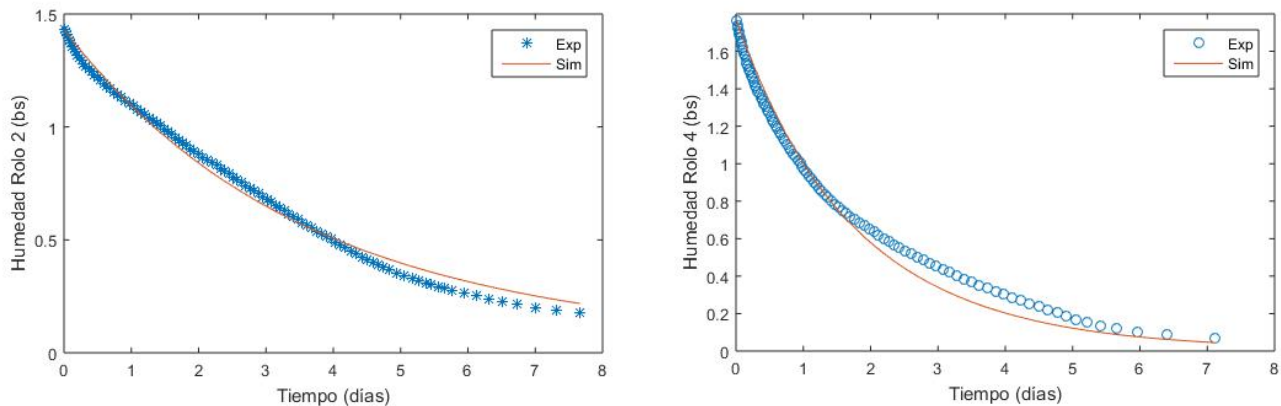


Fig. 3 – Cinéticas de secado simuladas (línea roja) junto a los datos experimentales (puntos azules). (Izq) Ajuste del modelo a 45 °C. (Der) Ajuste del modelo a 60 °C

Conclusiones

Se desarrollo un modelo difusivo simple apto para simular las cinéticas de secado de los polines de pino mediante secado convectivo. Dicho modelo puede ser utilizado como base para el control del secadero industrial así como evaluar los efectos de posibles cambios en las condiciones operativas.

Bibliografía

- [1] Physical and Mech. Properties of Pine Wood from Uruguayan Plantations, LATU (2013)
- [2] WOOD HANDBOOK. Wood as an Engineering Material. (1987)
- [3] Mass Diffusivity of Different Species, Azzouz (2017)
- [4] Comparison of Moisture Diffusion, Perkouski (2016)