

# SIMULACION Y CONTROL DEL PROCESO DE SECADO SOBRE TAMBOR ROTATORIO UTILIZANDO UN MODELO HÍBRIDO NEURO-DIFERENCIAL.

Sandra L. Estrada , Víctor Rayo, Marco A. Salgado, Miguel A. García, Guadalupe C. Rodríguez  
 Unidad de Investigación y Desarrollo en Alimentos. Instituto Tecnológico de Veracruz.  
 Miguel Ángel de Quevedo 2779, Col. Formando Hogar, Veracruz, Ver. C. P. 91860  
[lupitarj@itver.edu.mx](mailto:lupitarj@itver.edu.mx)

**Palabras claves:** Simulación, Secado, Control

**Introducción:** En el secado sobre tambor rotatorio, el número de parámetros que tiene influencia sobre el proceso y las interacciones entre ellos lo hacen un sistema complejo, difícil de modelar y controlar. Se han probado diferentes modelos que describen el comportamiento de las variables en este sistema: Un modelo dinámico mixto (1); un modelo dinámico empírico (2); y un modelo estático basado en redes neuronales (RN) (3). Este último evaluó la interacción de la  $T_v$  y  $V_{rc}$  sobre la humedad del producto, demostrando tener una buena correlación entre los valores calculados por la red y los obtenidos experimentalmente. Entre las técnicas de modelación se encuentran las redes neuronales artificiales (RNA), las cuales son una alternativa de solución de procesos complejos, ya que permiten integrar las no linealidades y describir la dinámica del proceso imitando la organización celular del cerebro.

El objetivo de este trabajo fue proponer un modelo dinámico híbrido del proceso de secado sobre tambor rotatorio aprovechando la consistencia de las ecuaciones diferenciales y la versatilidad de las RNA

**Metodología:** Para realizar el entrenamiento de la RNA, se utilizaron datos experimentales de ganancias ( $K$ ) y constantes de tiempo ( $\tau$ ), considerando como variables de entrada a  $V_{rc}$  y  $P_v$  y como variables de salida a  $K$  y  $\tau$ . El No. de capas y neuronas ocultas fue modificado estableciendo diferentes arquitecturas de RNA. Se utilizó la siguiente serie de ecuaciones diferenciales para representar la dinámica del proceso:

$$\begin{aligned} \xi_1 &= a[\text{sen}(\omega t)] \dots 1 \\ \frac{d}{dt} \xi_2 &= \frac{-\xi_2(t) + K_1 V_{rc}'(t)}{\tau_1} \dots 2 \\ \frac{d}{dt} \xi_3 &= \frac{-\xi_3(t) + K_2 P_v'(t)}{\tau_2} \dots 3 \\ \frac{d}{dt} \xi_4 &= \frac{d}{dt} (\xi_1 + \xi_2 + \xi_3) \dots 4 \end{aligned}$$

El sistema de ecuaciones fue resuelto utilizando el método de Runge- Kutta de 4o. orden. El modelo dinámico neuro-diferencial así obtenido fue acoplado a un controlador proporcional integral (P.I.).

**Resultados y Discusión:** Debido a que la dinámica del proceso es diferente cuando se hace variar presión de vapor ( $P_v$ ) y velocidad de rotación del cilindro ( $V_{rc}$ ), fue

necesario identificar dos redes para obtener las  $K$  y  $\tau$  correspondientes a ambas variables. La mejor arquitectura para ambas redes fue aquella con dos capas ocultas y tres neuronas en cada capa. La figura 1 muestra la respuesta del simulador y del proceso real ante un cambio de referencia. Se observó que el simulador representó de manera adecuada el comportamiento real del sistema, aun cuando la respuesta de este último es más lenta. El actuador a nivel simulador está más amortiguado que a nivel experimental debido a que el modelo no toma en cuenta la dinámica de la válvula de admisión de vapor. Se probaron diferentes tiempos de acción del controlador (5, 10, 15 y 20 s) encontrando que el sistema se mantiene estable a tiempos de acción cortos (5 s).

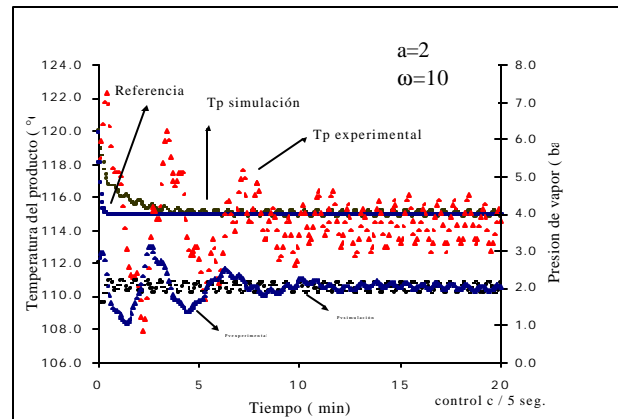


Figura 1. Comparación de la respuesta del simulador y los datos experimentales.

Los valores de  $a$  y  $\omega$  fueron 2 y 10 respectivamente tratando de imitar el comportamiento real de la humedad inicial.

**Conclusiones:** Un modelo neuro-diferencial es capaz de representar las no linealidades del proceso de secado sobre tambor rotatorio y puede ser utilizado para probar diferentes estrategias de control por simulación.

**Agradecimientos:** Este trabajo fue subsidiado por CONACyT y CoSNET

**Bibliografía:**

1. Trystram, G y Vasseur, J (1989). Modélisation et simulation d'un procédé de séchage sur cylindre. Entropie, 152, 43-55.
2. Meot, J.M. (1986). Contribution á la modélisation et au contrôle-commande d'un procédé de séchage, (DEA) ENSIA – Massy, 55p
3. Rodríguez G.C. (1995). Automatisation du séchage sur cylindre: conception et évaluation d'un système de contrôle. Tesis de Doctorado. ENSIA-Massy, 165p.