



**Trabajos realizados**  
en el Taller Mecánico



**Laboratorios**  
Virtuales y remotos

ÓRGANO DE INFORMACIÓN DEL ÁREA DE LA ENERGÍA,  
LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES



# Vinculación con la colectividad



NÚMERO 2

PUBLICACIÓN JULIO 2012

AÑO: 2



**Autoridades  
Universitarias**



**Vinculación  
con la  
colectividad**



**Talleres y equipos  
que posee el Área**



**VINCULACIÓN DE  
LAS CARRERAS**



**INVESTIGACIÓN  
DESARROLLO**



**EQUIPOS Y  
LABORATORIOS**



ORGANISMO DE PROMOCIÓN DEL TRABAJO Y LA FUERZA  
LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS HUMANOS RENOVABLES

# Vinculación con la colectividad

NÚMERO 2 PUBLICACIÓN MAYO 2012 AÑO 2



Mural ubicado en los ambientes de la AERINR



Dr. Gustavo Villacís Rivas Mg. Sc.  
RECTOR

Dr. Ernesto González Pesantes Mg. Sc.  
VICERRECTOR.

Ing. José Ochoa Alfaro Mg. Sc.  
Director del AÉIRNNR.

Diseño Diagramación:  
Opciones Digitales Loja  
Fernando Patricio Castillo  
Teléfono: 072589614  
Celular: 087738010 movistar 090638131 claro  
email: opcionesdigitalesloja@gmail.com

Impresión:

**REYES ANDRADE**

Editores Gráficos Reyes Andrade ● 072563021 ● 085843359  
Dir: Juan de Salinas 15 - 61 entre 18 de Noviembre y Sucre  
Email: fabiorv1965@yahoo.com

Julio de 2012 Loja - Ecuador

# Contenidos

## VINCULACIÓN DE LAS CARRERAS



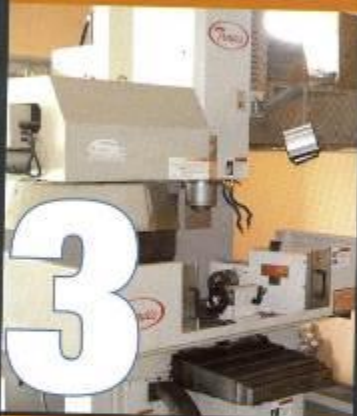
PÁG.: 6

## INVESTIGACIÓN-DESARROLLO



PÁG.: 8

## OFERTA DE BIENES Y SERVICIOS ESPECIALIZADOS



PÁG.: 17

## ARTÍCULOS Y PROYECTOS



PÁG.: 23

• CARRERAS  
• ARTESANALES DEL  
• ÁREA DE ENERGÍA  
• AL SERVICIO  
• DE LA  
• COLECTIVIDAD  
PÁG.: 21

• SUPERFICIE Y ESPACIO.  
• UNIFICACIÓN ENTRE  
• PINTURA Y ARQUITECTURA  
• A TRAVÉS DEL MURAL:  
• INFLUENCIA DEL  
• CLASICISMO OCCIDENTAL  
• EN EL MURAL "PRESENCIA  
• DE AMÉRICA LATINA"  
• DE JORGE GONZÁLEZ  
• CAMARENA

PÁG.: 45

• LA PROBLEMÁTICA  
• DE LA EDUCACIÓN  
• AMBIENTAL EN  
• EL ECUADOR Y LA  
• NECESIDAD  
• DE UN NUEVO PERFIL  
• DOCENTE PARA  
• ENFRENTARLA.

PÁG.: 54

# Tratamiento Térmico de Madera de Embalaje

## INTRODUCCIÓN

La madera es utilizada para la fabricación de embalajes de transporte de mercancías especialmente en las exportaciones. Asociados con la madera se puede encontrar organismos vivos como insectos y hongos, que han sido calificados como plagas por los daños que causan; por lo tanto, son controlados y han sido objeto de aplicación de medidas cuarentenarias para evitar su introducción en las actividades de negocio exterior que requiere de embalajes de madera.

La IPPC (The International Plant Protection Convención), organismo perteneciente a la ONU, regula a nivel internacional la elaboración y utilización de embalajes de madera para exportación, existiendo una reglamentación denominada NIMF-15 (Normas Internacionales para Medidas Fitosanitarias). Estas normas fueron adoptadas por la FAO en el 2002 y actualizada en el 2006, para disminuir el riesgo de introducción y diseminación de plagas.

Para el control de estas plagas se han implementado dos métodos: El químico que utiliza el bromuro de metilo, y el método físico que utiliza la temperatura como agente destructor de los organismos plagas y se denomina tratamiento térmico.

El tratamiento químico ha sido objetado por la alta toxicidad del bromuro de metilo y por el impacto ambiental que causa este producto especialmente en lo que tiene que ver con el deterioro de la capa de ozono; por tal motivo, el tratamiento térmico es el recomendado y forma parte de las exigencias ecologistas para el comercio de mercancías embaladas con madera en todo el mundo.

**Tratamiento térmico.**- ha sido definido como el calentamiento de la madera descortezada conforme a una curva de tiempo-temperatura específica, mediante la cual el centro de la madera deberá alcanzar una temperatura mínima de 56° C por un tiempo de exposición mínimo de 30 minutos. Este tratamiento garantiza la eliminación de los insectos y hongos perjudiciales asociados con la madera. En lo concerniente al Ecuador, la Norma fue publicada en el Registro Oficial N° 248 de 9 de enero del 2004, y así se pone en vigencia las disposiciones para el embalaje de madera utilizado en el comercio internacional

**Fundamento técnico.**- 1.1. El embalaje de madera usualmente esta hecho de madera en bruto que no ha recibido un tratamiento o el procesamiento adecuado para eliminar las plagas presentes en ella. Esto hace que el embalaje de madera se constituya en una vía para la introducción y diseminación de plagas.

Existen otros factores tales como la dificultad en la determinación del origen del embalaje de madera, así como la escasa inspección realizada a estos materiales cuando acompañan los productos no agrícolas hacen que se incremente aún más la posibilidad de la introducción y establecimiento de plagas asociados a esta vía.

## Resumen:

Este trabajo describe una de las medidas aprobadas que aplicará la Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro (AGROCALIDAD) para reducir el riesgo de diseminación de plagas de conformidad con lo establecido en la norma NIMF No. 15 "Directrices para reglamentar el embalaje de madera utilizado en el Comercio Internacional". Estas normas fueron adoptadas por la FAO en el 2002 y actualizadas en el 2006, para disminuir el riesgo de introducción y diseminación de plagas.

Para el control de estas plagas se han implementado dos métodos: El método físico que utiliza la temperatura como agente destructor que se conoce como tratamiento térmico, y el método químico que utiliza el bromuro de metilo, el mismo que ha sido objetado por la alta toxicidad.

Se ha diseñado un horno secador de madera que se describe en el presente trabajo.

## Palabras clave:

Horno secador de madera, Tratamiento térmico para controlar plagas.

- Ing. Agr. Mgs. en Docencia Universitaria e Investigación Educativa, Docente de la carrera de Electromecánica y responsable de Vinculación con Colectividad del AEIRNRI.
- Ing. Electromecánico, Mgs. en Informática Industrial y Automatización, y Docente investigador de la carrera de Electromecánica del AEIRNRI.

## OBJETIVOS

### Objetivo general.

Diseñar un horno secador de madera.

### Objetivos específicos.

Utilizar el tratamiento térmico para tratar la madera utilizada en embalajes para exportación.

Emplear tecnologías limpias para evitar impactos ambientales.

## SECADO DE MADERA EN HORNOS.

El proceso consiste en colocar la madera apilada en un cuarto o túnel cerrado, bien aislado térmicamente, en el cual el aire caliente es circulado sobre la madera que se va a secar, bien sea forzado con ventiladores o por convección.

Usando estas temperaturas y con una circulación del aire a cierta velocidad es como se consigue acelerar el secado de la madera. muy por encima de la velocidad de secado al aire. En un horno de secado se puede ejercer control de los factores que determinan el secado de la madera.

Efectivamente se pueden aplicar la humedad relativa y la temperatura adecuadas según la madera.

Además es posible controlar los defectos que se puedan ocasionar, variando las condiciones de secado y por último acondicionar la madera.

La temperatura y la humedad relativa dentro del horno son controladas por medio del psicrómetro que consiste en un par de termómetros.

Uno de ellos tiene cubierto el bulbo de mercurio con una gasa humedecida permanentemente.

Cuando una corriente de aire caliente pasa por el psicrómetro, en el bulbo húmedo se produce la evaporación del agua, lo cual ocasiona una disminución de la temperatura del termómetro.

La diferencia de temperaturas entre los termómetros llamada diferencia psicrométrica, es utilizada en una tabla psicrométrica para obtener el valor de la humedad relativa y en algunas tablas la humedad de equilibrio.

Con relación a la circulación del aire se pueden realizar mediante ventilación forzada por medio de ventiladores.

Para facilitar el anterior proceso, las pilas son construidas con flujos verticales (chimeneas).

La temperatura y la humedad relativa permanecen más o menos uniformes durante cierto periodo de tiempo, las cuales son cambiadas a medida que progresa el secado.

## Esquema de Tratamiento

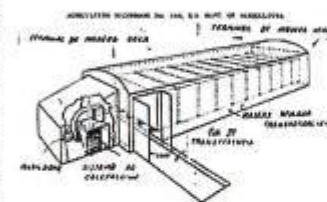
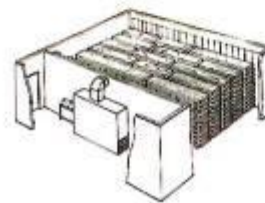


Figura 1. Esquema simplificado de un Horno secador de madera

## Sistema de calefacción en el Horno



Los de calefacción directa o sea los que reciben el calor directamente de un quemador.

Figura 2. Sistema de calefacción de un Horno secador de madera.

Estos hornos están complementados con radiadores de agua para variar las condiciones de humedad dentro del horno.

## Modelo matemático para el comportamiento dinámico de la temperatura en el interior del horno

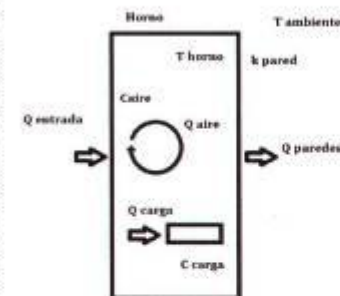


Figura 3. Diagrama en bloque de un Horno secador de madera

- Se considera la temperatura del interior del horno uniforme
- Se considera la temperatura del exterior constante e igual a la temperatura ambiente

La condición de equilibrio de los sistemas térmicos establece que el calor suministrado a un sistema es igual al calor almacenado por el sistema más el calor liberado por el sistema

más las pérdidas del sistema:

$$\text{Energía entrada} - \text{Energía salida} = \text{Pérdidas} \\ = \text{Energía acumulada}$$

Para un intervalo de tiempo se tiene:

$$\text{Potencia entrada} - \text{Potencia salida} \\ - \text{Potencia pérdida} \\ = \text{Potencia acumulada}$$

**Potencia de entrada:** Es la potencia que se suministra por la combustión del quemador, éste valor es el que se considera como la entrada del modelo matemático.

**Potencia de salida:** Es la potencia que se suministra a la carga dentro del horno.

El calor transferido a la carga es:

$$Q = N [m_{\text{carga}} C_{\text{carga}}] \Delta T [J]$$

**Donde:**

Q es la cantidad de calor absorbido por la carga

N es el número de elementos

M<sub>carga</sub> es la masa de la carga en Kg.

C<sub>carga</sub> es el calor específico de la carga (J/kg°C)

ΔT es el cambio de temperatura en la carga.

La potencia de salida será:

$$P_{\text{sal}} = N [m_{\text{carga}} C_{\text{carga}}] \frac{dT}{dt} [W]$$

**Pérdidas:** Se consideran las pérdidas de calor a través de las paredes.

$$\text{Pérdidas} = \text{Pérdidas paredes} \\ + \text{Pérdidas techo} \\ + \text{Pérdidas piso}$$

Se consideran únicamente las pérdidas en las paredes.

$$\text{Pérdidas} = K \frac{A}{L} (T - T_{\text{ext}}) [W]$$

A es el área de la superficie por la cual se efectúa la transferencia de calor (m<sup>2</sup>)

k es la conductividad térmica (W/m°C)

L es el espesor de la superficie (m)

T es la temperatura del horno (°C)

T<sub>ext</sub> es la temperatura del exterior (°C)

## Potencia Acumulada en el sistema

Es la potencia necesaria para calentar el aire, de manera que este puede transferir calor a la carga. Al calentarse el aire su densidad disminuye de tal manera que éste asciende, es necesario de ventiladores centrifugos para hacer recircular el aire dentro del horno, con o que se obtiene uniformidad en la temperatura interior.

El calor transferido al aire es:

$$Q = m_{\text{aire}} C_{\text{aire}} \Delta T [J]$$

$$Q = P_{\text{aire}} V_{\text{horno}} C_{\text{aire}} \Delta T [J]$$

**Donde:**

Q es el calor absorbido por el aire (J)

ΔT es el cambio de temperatura en la carga (°C)

V<sub>horno</sub> es el volumen del horno (m<sup>3</sup>)

C<sub>aire</sub> es el calor específico del aire (J/kg°C)

P<sub>aire</sub> es la densidad del aire (J/kg°C)

La potencia almacenada en el sistema será:

$$P_{\text{almacenada}} = P_{\text{aire}} V_{\text{horno}} C_{\text{aire}} \frac{dT}{dt} [W]$$

Aplicando el principio de conservación de la energía:

$$P_{\text{entrada}} - P_{\text{sal}} - \text{Pérdidas} = P_{\text{almacenada}}$$

A partir de las expresiones anteriores y realizando las simplificaciones correspondientes se obtiene el siguiente modelo matemático para la temperatura en el interior del horno:

$$T = \int \frac{P_{\text{entrada}} - \frac{KA}{L} (T - T_{\text{ext}})}{[P_{\text{aire}} V_{\text{horno}} C_{\text{aire}} + N(m_{\text{carga}} C_{\text{carga}})]} dt + T_0$$

**Donde:**

T es la temperatura en el interior del horno (°C), la cual será la variable a controlar

T<sub>0</sub> es la temperatura inicial del horno (°C).

## Controlador

El sistema de control de temperatura del horno constará de un sensor de temperatura y la acción de control se realiza a un variador de frecuencia que a su vez cambia la velocidad de los ventiladores y por tanto el caudal de aire caliente que ingresa al horno.

Las variables a del sistema a diseñar son:

Variable controlada: T interior del horno

Variable manipulada: Caudal de aire caliente

Variable perturbadora: T ambiente



Figura 4. Diagrama en bloques del controlador PID del Horno secador de madera.

El valor de la magnitud de temperatura es enviado por el transmisor al controlador, en el controlador se compara la realimentación de temperatura enviada por el transmisor con la temperatura deseada o setpoint, generando la señal de error; esta señal de error generada por el controlador se procesada por el mismo para realizar la acción de control PID, la cual a su vez como señal de control sale del controlador para regular el variador y con ello el caudal de aire caliente y con ello mantener la temperatura deseada.

$$\text{error} = \text{setpoint} - \text{realimentación}$$

La expresión para el controlador PID a implementa es:

$$PID = k_p \left[ \text{error} + \frac{1}{T_i} \int \text{error} dt + T_d \frac{d(\text{error})}{dt} \right]$$

**Donde:**

$k_p$  es la componente que define la sensibilidad del sistema (acción proporcional)

$T_i$  es el periodo de la señal (acción integral)

$T_d$  es el periodo anticipo (acción derivativa)

**CONCLUSIONES.**

El tratamiento térmico es una estrategia de control de plagas en madera que ha sido probada como eficiente y es reconocida y aceptada internacionalmente como medida para evitar la diseminación de insectos y hongos cuarentenarios a través de la madera de embalaje en el comercio internacional.

Se trata de una tecnología limpia, que en su aplicación no causa impacto ambiental.

La temperatura en niveles superiores a 56o C y por un tiempo de exposición superior a 30 minutos puede eliminar insectos y hongos presentes en la madera.

El cumplimiento de los protocolos establecidos en esta estrategia es simple, de fácil aplicación y no requiere de equipos ni instrumentación sofisticada.

La constitución de la república del Ecuador en la sección segunda Ambiente Sano, artículo 14, indica el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*.

**BIBLIOGRAFÍA**

- GONZÁLEZ U, P. 2002. Implementación de un sistema de Instrumentación para el secador de madera de la Universidad de Talca. UT. Chile
- LESCANO S, J. y VALDEZ, S. L. 2011. Promoviendo el desarrollo sostenible: una visión de futuro. 1 ed. Editorial Federico Villarreal. Lima. 111 pág.
- MONTOYA, V. J. 2009. Diseño e implementación de la etapa de potencia, cableado e instrumentación para un horno automático de secado de madera
- PROAÑO, V y PERALTA, C. F. 2006. Diseño y simulación de la automatización del horno de secado de madera de la empresa DYMAP. ESPE. Quito - Ecuador
- PROYECTO CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA 2008. Impreso en el tribunal supremo electoral del ecuador/ 80 pág.
- SOTOMAYOR, M. J. 2012. Instrumentación ambiental, Silabo, Pontificia Universidad Católica Del Perú
- [http://www.forestry.gov.uk/pdf/equadorresol.pdf/\\$FILE/equadorresol.pdf](http://www.forestry.gov.uk/pdf/equadorresol.pdf/$FILE/equadorresol.pdf)
- [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0490\\_M.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0490_M.pdf)