

# **DISEÑO DE UN SECADOR PARA MADERA UTILIZADA EN LA FABRICACIÓN DE PALETS PARA LA EXPORTACIÓN A ESTADOS UNIDOS Y A LA COMUNIDAD EUROPEA APLICANDO LA NORMA ISPM-15**

**Autor:** Guillermo Anibal Castillo Villavicencio<sup>1</sup>

**Director de tesis:** Ing. Ernesto Martinez<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Ingeniero Mecánico, Escuela Superior Politécnica del Litoral, año 2005, e-mail. [Kenchy9000@yahoo.com](mailto:Kenchy9000@yahoo.com)

<sup>2</sup>Ingeniero Mecánico, **Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1983.** e-mail. [emartine@espol.edu.ec](mailto:emartine@espol.edu.ec)

## **Resumen.**

La presente tesis y su objetivo surge de la necesidad de una empresa dedicada a la fabricación de palets y debido a la gran demanda de este producto en el mercado de exportación mundial tiene la necesidad de adquirir un secador para madera utilizada en la fabricación de palets ya que la condición para la exportación es que se debe cumplir con la norma ISPM-15.

El presente trabajo comprende el cálculo y selección de los componentes de un secador para madera a ser utilizada en la construcción de palets para exportar a EE.UU. y la Comunidad Europea.

El factor más importante para la determinación de la cámara es la variedad de la especie de la madera y sus propiedades además de las condiciones estructurales.

## **Summary.**

The present thesis and their objective arise from the necessity of a company dedicated to the manufacture of palets and due to the great demand of this product in the market of world-wide export it has the necessity to acquire a dryer for wood used in the manufacture of palets since the condition for the export is that it is due to fulfill the ISPM-15 norm.

The present work understands the calculation and selection of the components of a dryer for wood to be used in the construction of palets to export to the U.S.A. and the European Community.

The most important factor for the determination of the camera is the variety of the species of the wood and its properties in addition to the structural conditions.

## **Introducción.**

En la industria de la madera es bien sabido que de un excelente proceso de secado depende, en gran parte, la calidad de los productos. El secado convencional se desarrolla en recintos cerrados, dentro de los cuales se establecen climas artificiales progresivamente más cálidos y secos.

Los recintos en los cuales se lleva acabo el secado se conoce como hornos o cámaras de secado, los que además de ventiladores para la recirculación de aire a través de la madera, poseen elementos de calefacción, humidificación, control y registro de las condiciones ambientales. La importancia de utilizar una cámara de secado equipada con todos los instrumentos necesarios, es vital para tal propósito.

El secado convencional es el sistema de secado más generalizado a nivel mundial y se distinguen varias formas, según la intensidad de la temperatura aplicada y las características de las instalaciones. El clima artificial dentro de la cámara permite el secado progresivo de la madera hasta el contenido de humedad final deseado.

## **Contenido.**

### **CAPITULO I**

#### **1. GENERALIDADES DEL PALET.**

El palet soporta la mercancía y asegura todas las operaciones de la cadena de distribución. Su rol es importante puesto que el esta presente de extremo a extremo de la expedición.

### **1.1. Definición de palet.**

El palet es una bandeja de carga que soporta los embalajes y los constituye en una unidad de carga. Es una plataforma de almacenamiento, de mantenimiento y de transporte. Es concebida para ser manipulada por las carretillas elevadoras o transpalets.

### **1.2. Elementos constitutivos del palet.**

Un palet se encuentra compuesto de los siguientes elementos:

- a) Piso superior e inferior
- b) El taco o bloque
- c) Travesaño
- d) Patines

### **1.3. Descripción del proceso de fabricación de palets**

Para el proceso de fabricación de palets se sigue los siguientes pasos detallados a continuación:

- a) Selección, características y propiedades del tipo de madera
- b) Tala y transporte
- c) Dimensiones del aserrado y cepillado
- d) Técnica de ensamblaje de elementos
- e) El voladizo, corte de ángulos y chaflán

### **1.4. Norma ISPM-15 para la exportación de palets.**

La nueva reglamentación fitosanitaria NIMF-15 (Normas Internacionales para Medidas Fitosanitarias), de la IPPC (The International Plant Protection Convention, organismo perteneciente a la ONU, es la única entidad que regula y autoriza esta norma a nivel internacional), entró en vigor en el 2004 y se aplica a palets y embalajes de madera para exportación.

Exige dos requisitos imprescindibles: un certificado de origen del palet y otro del tipo de tratamiento aplicado para su desinfección. Para cumplir con el segundo se permiten dos tratamientos: Tratamiento térmico y fumigación con bromuro de metilo. El térmico, es un tratamiento permanente, mientras que el bromuro de metilo debe ser renovado cada dos meses.

## CAPÍTULO 2

### 2. LA MADERA Y SUS PROPIEDADES

#### 2.1. Propiedades de la madera.

La madera es un material complejo, con unas propiedades y características que dependen no sólo de su composición sino de su constitución (o de la manera en que están colocados u orientados los diversos elementos que la forman). El cómo están colocados u ordenados estos elementos nos servirá para comprender mejor el comportamiento, algunas veces poco lógico (aparentemente) de este material.

#### 2.2. Humedad de la madera.

Se llama humedad de la madera a la relación entre la masa de agua que se encuentra en el volumen dado de la madera y la masa de la madera absolutamente seca, expresada en porcentaje. La humedad es la propiedad más importante, pues influye sobre todas las demás, propiedades físicas, mecánicas, mayor o menor aptitud para su elaboración, estabilidad dimensional y resistencia al ataque de seres vivos.

$$H = \frac{Mh - Mo}{Mo} * 100$$

Donde

H: Humedad (%)

Ecuación 2.1

Mh: Peso de la madera humedad (g)

Mo: Peso de la madera con 0% de humedad (g)

#### 2.3. Secado de la madera.

En el secado de madera el agua se mueve de las zonas con mayor contenido de humedad hacia las de menor contenido. Por ello la parte exterior debe mas seca si se quiere que la madera se seque.

## **2.4. Fases del secado de la madera.**

Las fases del secado de madera son cuatro:

- a) Calefacción.
- b) Secado
- c) Enfriamiento
- d) Acondicionamiento

## **CAPITULO 3**

### **3. TEORIA DE SECADORES.**

#### **3.1. Criterios para el método de secado.**

Hay que tomar en cuenta diversos criterios para escoger el método que mejor se adapte al secado de una sustancia:

- a) El modo de funcionamiento del aparato
- b) La naturaleza y calidad del producto a secar
- c) La fuente de calor y el modo de transmisión del mismo
- d) La seguridad
- e) El consumo de energía
- f) La facilidad para controlar el tiempo de tratamiento

La elección del método de secado es generalmente una situación ponderada de todos estos factores.

#### **3.2. Tipos de secadores.**

Existen los siguientes tipos de secado:

- a) Al aire libre
- b) Presecado
- c) Secadores

#### **3.3. Descripción del secador.**

Para lograr el secado artificial o tecnológico es necesario de varios equipos como ventiladores para la recirculación de aire a través de la madera, elementos de calefacción, humidificación, control y registro de las condiciones ambientales, tales como la humedad relativa del

aire, la temperatura y la humedad residual de la madera, para lo cual cada uno de los equipos de la instalación cumple una función determinada a continuación:

- Suministro de aire a la cámara de secado.
- Elevar la temperatura del aire para lograr las condiciones apropiadas para el secado.
- Circulación del aire a través de la carga de madera.
- Succión y descarga del aire saturado hacia el exterior de la cámara.
- Control de temperatura para controlar parámetros de funcionamiento y lograr un secado eficiente.

## **CAPITULO 4**

### **4. DISEÑO DEL SECADOR.**

#### **4.1. Selección del tipo de secador.**

El equipamiento de la instalación y el conocimiento de cada uno de los elementos de los cuales esta formada es un factor importante, el cual permitirá seleccionar y/o dimensionar los equipos complementarios los cuales serán entre todo un solo conjunto.

#### **4.2 Infraestructura de la cámara de secado**

La infraestructura debe de cumplir con los siguientes requisitos para contar con las condiciones apropiadas para el secado de la madera, se debe considerar:

- a) La cámara de secado debe ser físicamente fuerte para soportar las cargas de madera y el equipo recalentamiento y circulación sin que haya fallas mecánicas.
- b) El aislamiento debe ser suficiente para evitar las pérdidas de calor que traerían como resultado costos excesivos y fallas en la operación.
- c) La construcción debe ser tal que no se desintegre por la acción de los microorganismos deteriorantes ni por la corrosión.
- d) La construcción debe ser a prueba de fuego.

### 4.3 Cálculo de la capacidad de carga de la cámara de secado.

Para realizar el estibaje de la madera dentro de la cámara se deben considerar ciertas normas de ubicación para conseguir un eficiente secado evitando cortocircuitos de aire entre las pilas de madera.

$$m = \left( 400 \frac{\text{Kg.}}{\text{m}^3} \right) \left( 0.0525 \text{m}^3 \right)$$

$$m = 21 \frac{\text{Kg.}}{\text{tablón}}$$

$$m_{\text{total}} = \left( 21 \frac{\text{Kg.}}{\text{tablón}} \right) (1440 \text{ tablones})$$

$$m_{\text{total}} = 30240 \text{Kg.}$$

### 4.4 Sistema de calefacción.

Por medio del sistema de calefacción se obtiene la energía para un acelerado y económico proceso de secado. Las temperaturas oscilan de 40°C a 80°C dependiendo de la especie a secar. El consumo de calor depende de muchos factores tales como:

- a) Clase de madera.
- b) Espesor de la madera.
- c) Humedad inicial y final de la madera.
- d) Temperatura ambiental.
- e) Construcción y rendimiento del secador.

### 4.5 Sistema de ventilación.

Un criterio importante para una buena cámara de secado es la uniforme circulación del aire. El aire debe de circular para calentar la madera y para conducir la humedad que sale de la misma. La velocidad de flujo del aire influye de forma directa en el tiempo de secado. Cuando mas acelerado menor es el tiempo de secado.

#### **4.6 Sistema de protección contra incendios.**

Un Sistema de Rociadores Automáticos de Tubería Mojada, es el tipo más sencillo y común de instalación de rociadores, es un sistema fijo de Protección contra Incendios que utiliza tuberías llenas de agua a presión, alimentadas desde un abastecimiento fiable. Se utilizan cabezas rociadoras que de forma automática se abren por la acción del calor, situada y espaciada de acuerdo a Normas, Reglas Técnicas o Códigos de Diseño, reconocidos para la realización de este tipo de instalaciones.

#### **4.7 Elementos adicionales y accesorios.**

- a) Visualizador de temperatura y humedad
- b) Macizos refractarios
- c) La lana de vidrio
- d) Carros transportadores
- e) Puertas del secador.
- f) Distribución de las tuberías y potencia de la bomba.
- g) Equipos para la madera.
  - Sierra de mesa profesional.
  - La lijadora orbital.
  - Clavadora neumática.

### **CAPITULO 5**

#### **5. CALCULO DE COSTOS.**

##### **5.1. Costos del secador**

Las cámaras de secado pueden ser construidas como obras civiles (paredes, zapatas, pilares, vigas, nervios, losas, plataformas) Esta alternativa presenta como ventajas una larga vida útil y la no corrosión de su estructura por la humedad y agentes corrosivos presentes en la madera.

Los costos del secador se detallan a continuación y se clasifican en:

- ❖ Análisis de precios unitarios de la obra civil.
- ❖ Los costos de los componentes del secador.

## **CAPITULO 6**

### **6. CONCLUSIONES.**

#### **6.1 Conclusiones.**

#### **CONCLUSIONES**

1. El secado artificial se basa en someter la madera a ambientes variados por su temperatura y humedad relativa. Por lo tanto, debemos considerar la consiguiente reacción en la madera. La bondad de la cámara se reflejará en proporcionar un ambiente estable y homogéneo en todo su interior sin pérdidas de calor.
2. La manera de cómo se compensen o alteren los mencionados ambientes dentro de la cámara en función de las reacciones provocadas en la madera, en beneficio del ciclo de secado y la calidad del producto final, indican la habilidad del operador o del programador automático que gobierna el secador.
3. La circulación de aire es indispensable en la operación de secado pues transmite la energía térmica a la superficie de la madera y saca la humedad evaporada, cuanto mejor sea esta circulación de aire, mejor y mas regular será el secado de la madera.
4. El aspecto energético en el diseño del horno exige que la estructura sea hermética al tiempo y al aire y esté construida de materiales resistentes a la humedad, corrosión, pudrición, ataque de insectos e incendio. Dado que entre el 10 y el 20 por ciento (15) del consumo total de calor se pierde normalmente a través de la estructura del horno, es de absoluta necesidad que la calidad y el espesor del aislante utilizado sea tal que se reduzcan a un mínimo las pérdidas térmicas.
5. La inversión en un secador, como en cualquier otro bien de capital, merece la debida atención y el análisis financiero respectivo. Pero además, a diferencia de otros bienes importantes debe contemplarse en este enfoque la elevada depreciación a que se enfrenta por el desgaste que supone someter a los distintos órganos de la cámara los ambientes tan extremos y corrosivos que se producen en el interior de la cámara.

## Referencias.

- a) Guillermo Castillo V. "Diseño de un Secador para Madera utilizada en la Fabricación de Palets para la Exportación a Estados Unidos y a la Comunidad Europea Aplicando la Norma ISPM-15" (Tesis Facultad De Ingeniería Mecánica, Escuela Superior Politécnica Del Litoral, año 2005).
- b) American Wood-Preservers Association ([www.awpa.com](http://www.awpa.com).)
- c) Europal.net. Les services de la pallete (<http://www.europal.net>)
- d) FAO. International Standards for Phytosanitary Measures. Guidelines for regulating wood packaging material in international trade, Publication No. 15, March 2002, 11p.
- e) Fernández N. Arturo Plantas de secado Criterios de selección, Inversión y Costos de Operación
- f) Forest Products Laboratory U.S. Department of Agriculture Forest Service. ([www.fpl.fs.fed.us](http://www.fpl.fs.fed.us) )
- g) Johnson, Paul; Morales, Roger. 1972. A review of Cordia alliodora (Ruiz & Pav.) Oken. Turrialba. 22: 210-220.
- h) Remacha Gete, 2000. Apuntes de Tecnología e Industrias de la Madera II. Manuscritos.
- i) Manuel Pacheco Aislamientos térmicos para altas temperaturas
- j) McCaffrey, Dennis. 1972. Volume tables for laurel, Cordia Alliodora Turrialba. 22: 449-453.
- k) Salas, Gonzalo de las. 1981. El laurel (Cordia alliodora); una especie forestal prometedora para el trópico americano.
- l) Silverio Viscarra Guía para el secado de la madera en hornos Documento técnico 1998.

---

Ing. Ernesto Martínez

Director de Tesis