



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

20
RECIBIDA EN
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA
MAY 11 1995

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA

FALLA DE ORIGEN

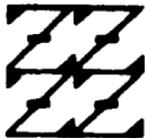
PROCESO DE PRESERVACION DE LA MADERA
UTILIZADA PARA LA FABRICACION DE DURMIENTES
POR IMPREGNACION A PRESION. DESARROLLO DE
LA INGENIERIA BASICA PARA UNA PLANTA
DE PROCESO.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A N:

JIMENEZ BUENROSTRO HUMBERTO
SANCHEZ SANCHEZ ROLANDO

U N A M
F E S
Z A R A G O Z A



LA UNAM EN
SU INSTITUCION

MEXICO, D. F.

1995



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES *SARAGOSA*

JEFATURA DE LA CARRERA
DE INGENIERIA QUIMICA

OF/IQ/JU/082/046/95

JIMENEZ BUENROSTRO HUMBERTO Y
SANCHEZ SANCHEZ ROLANDO,
P R E S E N T E.

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado para el Examen Profesional, les comunico que la Jefatura a mi cargo ha propuesto la siguiente designación:

PRESIDENTE: ING. JOSE BENJAMIN RANGEL GRANADOS
VOCAL: ING. BALBINA PATRICIA GARCIA AGUILAR
SECRETARIO: ING. ANTONIO AVALOS RAMIREZ
SUPLENTE: ING. ANDRES AQUINO CANCHOLA
SUPLENTE: ING. ESTEBAN MINOR PEREZ

A T E N T A M E N T E
"POR MI RASA HABLARA EL ESPIRITU"

México, D.F., 29 de septiembre de 1995



ING. JOSE BENJAMIN RANGEL GRANADOS
JEFE DE LA CARRERA

Irm<

INDICE

| | Página |
|---|---------------|
| Resumen | |
| Introducción | 1 |
| Capítulo I | |
| Descripción de la madera y agentes que las dañan | 4 |
| I.1 Partes de un árbol | 6 |
| I.2 Composición y estructura de la madera | 7 |
| I.2.1 Componentes de las coníferas | 8 |
| I.3 Procesos de crecimientos de los arboles | 11 |
| 11 | |
| I.3.1 Defectos de crecimiento de la madera | 13 |
| I.4 Agentes que la dañan | 16 |
| Principales agentes destructores de la madera | |
| I.4.1 Hongos | 17 |
| I.4.2 Insectos | 20 |
| I.4.3 Agentes marinos | 22 |
| I.4.4 Desgaste mecánico y atmosférico | 22 |
| Capítulo II | |
| Características de un preservador | 24 |
| II.1 Eficiencia de un preservador | 25 |
| II.2 Clasificación del preservador | 26 |
| II.2.1 Preservadores hidrosolubles | 26 |
| II.2.2 Aceites y preservadores oleosolubles | 31 |
| II.2.3 Precauciones sobre su uso | 38 |

ÍNDICE

Capítulo III

| | |
|--------------------------------------|----|
| Procesos de impregnación | 40 |
| III.1 Sistemas de impregnación | 41 |
| III.1.1 Procesos sin presión | 42 |
| III.1.2 Procesos con presión | 44 |

Capítulo IV

| | |
|---|----|
| Ingeniería básica para el desarrollo de una planta de impregnación de maderos | 52 |
| IV.1 Preparación de la madera antes del tratamiento | 53 |
| IV.2 Instalaciones necesarias para el tratamiento a presión | 65 |
| IV.2.1 Generación de energía | 68 |
| IV.2.2 Equipo de impregnación | 69 |
| IV.3 Bases de diseño para una planta piloto | 73 |
| Conclusiones y recomendaciones | 79 |
| Referencias | 85 |
| Apéndice | 89 |

RESUMEN

El presente trabajo es un estudio de los procesos de preservación de la madera, analizando los diversos métodos de impregnación, las características de los recursos naturales con que se cuenta en el país, los diferentes agentes biológicos, el desgaste mecánico y atmosférico, que afectan a esta, de acuerdo al uso que se le da en este caso para los durmientes usados en vías férreas.

Se consideró que de los métodos de impregnación, el mas favorable es el que se realiza a presión, ya que se puede conseguir una penetración mas profunda, uniforme y una mayor absorción del preservador, permitiendo regular las condiciones de tratamiento, así como un mayor control de las variables que permitan un grado de optimización en el uso de nuestros recursos.

Se eligió como preservador a la Creosota de Alquitrán de Hulla, por su alto grado de toxicidad para los agentes biológicos que atacan a la madera, su insolubilidad en el agua y baja volatilidad, su fácil aplicación y penetración, así como su abundancia y bajo costo.

Se realizó la ingeniería básica para una planta piloto utilizando, el proceso y preservador anteriormente mencionados, además de la preparación de la madera y el tratamiento, la forma y el tamaño de los durmientes, instalaciones que se realizan, almacenamiento de materias primas y productos así como la realización de la metodología y clasificación de la madera por su contenido de humedad.

I
N
T
R
O
D
U
C
C
I
O
N

INTRODUCCIÓN

La importancia que ha tomado últimamente el **IMPACTO ECOLÓGICO NACIONAL**, es relevante para hacer hincapié en el tema que se desarrollará en esta tesis. En los últimos años se han visto muy afectadas las zonas verdes de la República Mexicana, debido a la tala inmoderada de árboles, para obtener madera, y así poder satisfacer algunas de las necesidades de la sociedad Mexicana, tales como: estructuras, pisos, techos, paredes, postes de transmisión y telefonía, durmientes para vías de ferrocarril, etc.

Al tratar de encontrar un punto que modere el equilibrio entre la conservación de nuestros bosques, selvas y la tala de árboles (**PRODUCCIÓN y CONSUMO**), se han logrado crear procesos químicos que alargan el periodo de tiempo en servicio de la madera, manteniendo sus condiciones óptimas para la función que fueron seleccionadas y así dar tiempo a que árboles jóvenes lleguen al periodo de madurez.

Todo esto ha sido tarea de muchos años de investigación, principalmente de algunos países del primer mundo, quienes desarrollaron los primeros procesos de tratamiento para la preservación de la madera además de que cuentan con asociaciones para seguir con investigaciones y de aquí crear especificaciones, tanto para las condiciones maderables como de sus procesos. Es por ello que en México es necesario crear condiciones propias de procesos y conocer las variedades de maderas con las que se cuenta, para tener un mejor aprovechamiento de las mismas, puesto que las condiciones de crecimiento y características de los árboles distan para cada una de las regiones y máxime para distintos países; actualizándonos de esta manera avanzaremos conjuntamente con la modernización científica y tecnológica., en pro de la **ECOLOGÍA**.

En México se han creado instituciones con este fin, por mencionar algunas:

- Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos.
- Laboratorios Científicos y Tecnológicas de la Madera.
- Instituto Nacional de Investigaciones Biológicas Especializadas.
- Inventario Nacional Forestal.
- Cámara Nacional de las Industrias derivadas de la Silvicultura, etc.

INTRODUCCIÓN

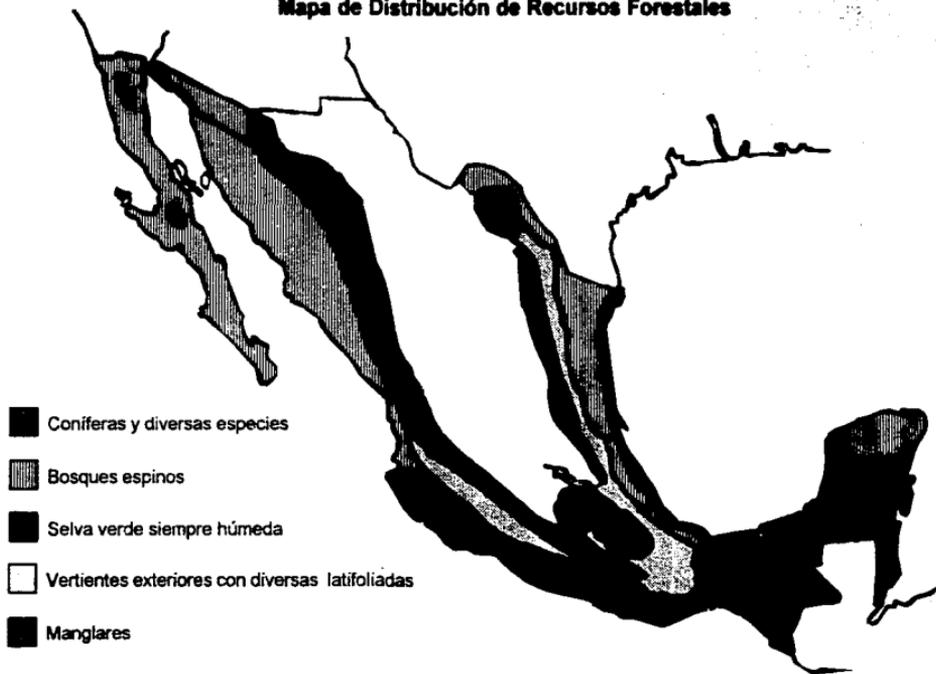
Que han dado nuevas aportaciones para el mejor aprovechamiento de este recurso natural antiquísimo.

Ferrocarriles Nacionales de México (F.F.C.C.N.M.) es una empresa que absorbe gran cantidad de metros cúbicos de madera al año para el mantenimiento de sus vías ferroviarias; y es precisamente en esta área donde se enfocará el tema, "PRESERVACIÓN DE LA MADERA PARA SU USO EN VÍAS FÉRREAS CON MEZCLAS OLEOSOLUBLES", tomando en cuenta la gran importancia que tiene como un campo provechoso de trabajo.

Las especies de los bosques o selvas de las regiones de clima tropical y subtropical son predominantemente latifoliadas, es frecuente encontrar en ellas las llamadas especies preciosas, como la caoba y el cedro rojo, las selvas más extensas se encuentran en Chiapas, Campeche, Quintana Roo, Veracruz, Yucatán y Oaxaca.

En el siguiente mapa se puede apreciar la distribución de bosques y selvas de la República Mexicana.

Mapa de Distribución de Recursos Forestales



Adaptado de:
Mapa de Distribución de los recursos forestales de la República Mexicana
FNM

**DESCRIPCION DE LA MADERA
Y AGENTES QUE LA DANAN**

C
A
P
I
T
U
L
O
I

DESCRIPCIÓN DE LA MADERA Y AGENTES QUE LA DAÑAN

Antes de comenzar este capítulo es conveniente, para tener las nociones fundamentales y conocer más acerca de la materia prima que se utilizará en este proceso, ir comparando lo que a continuación se expondrá, con la figura 1.

La madera, en sus diversas formas, está sometida a distintos tipos de deterioro desde el momento en que se le obtiene del árbol, como ejemplo, los **hongos lignícolas o xilófagos**, especialmente los que con su actividad llegan a pudrirlos, destruyen o deprecian todos los años enormes cantidades de madera. Los **insectos xilófagos**, particularmente los termites, causan grandes daños a la madera almacenada. Algunos **animales marinos** son una amenaza seria y constante para los pilotes y otros objetos de madera expuestos al agua salada.

Además gran cantidad de madera se hace inservible para nuevo uso a causa del **desgaste mecánico**. Incluso la **intemperie** puede realizar una verdadera desintegración de la madera.

Con frecuencia actúan conjuntamente dos o más agentes de destrucción.

En el follaje, el agua y las sustancias químicas de la savia ascendente son convertidas en productos alimenticios que bajan por el liber como savia descendente

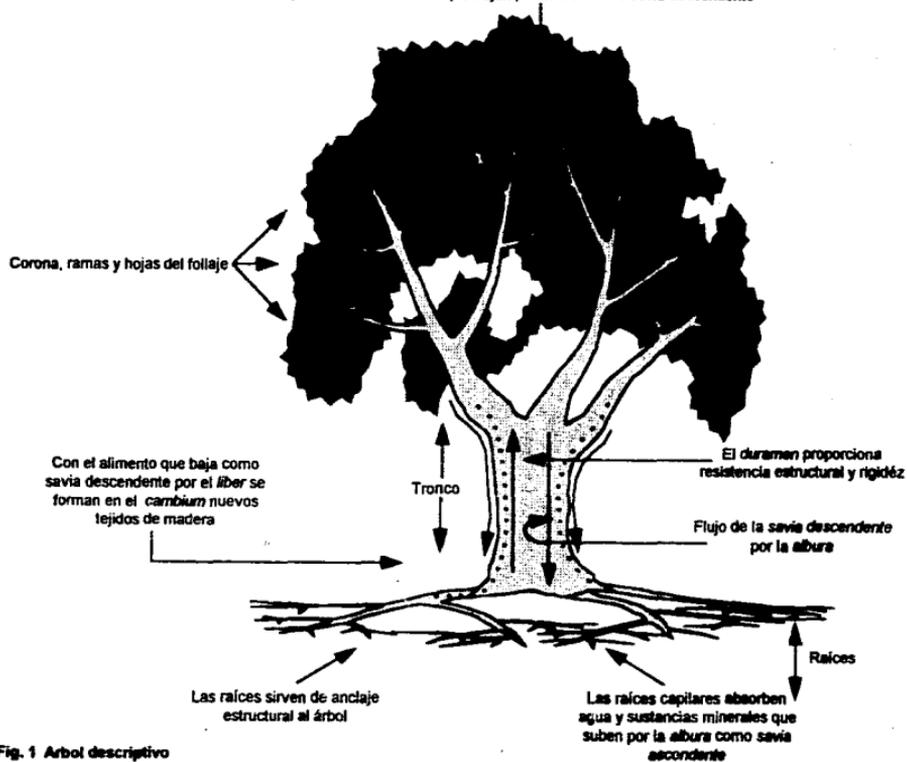


Fig. 1 Arbol descriptivo

L1 PARTES DE UN ÁRBOL

Un árbol se encuentra integrado por 3 subsistemas:

- LAS RAÍCES
- EL TRONCO
- LA CORONA (ramas y hojas del follaje)

El subsistema de las raíces tiene una función doble, muy importante, primero sirve como anclaje o cimiento del árbol, proporcionándole resistencia a la acción del viento, y la segunda por medio de las raíces capilares, las cuales absorben humedad y diversas sustancias minerales en solución, se transmite materia vital, pasando por el tronco a la corona del árbol.

El tronco es el elemento de soporte de la corona, contiene y protege las células de crecimiento, además es un sistema de comunicación de doble sentido que transporta por la albura los minerales en solución absorbidos por las raíces hasta la corona, donde se transforma en savia que desciende por el líber para contribuir al proceso de crecimiento.

La función del último subsistema (la corona) consiste en transformar las sustancias alimenticias (o savia ascendente) procedentes de las raíces, en savia descendente.

Todo esto se realiza por medio del complicado proceso en el que interviene la fotosíntesis donde con una compleja reacción química (que para nosotros es conocida) el Oxígeno (O_2) es liberado mientras que el Carbono (C) se combina con la savia ascendente para formar los azúcares, celulosa y otros carbohidratos que constituyen la savia descendente.

CAPITULO I

I.2 COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DE LA MADERA

La madera como toda sustancia viva, se encuentra formada de pequeñas unidades individuales segmentadas entre si llamadas células. Estas son tubulares de forma aproximadamente rectangular, su longitud no suele exceder a los 5 mm y su dimensión transversal máxima de unos 70 u 80 micrómetros. Las paredes de la células están formadas de varias capas de celulosa y lignina.

La celulosa (que es un polímero lineal) constituye el esqueleto o estructura de las paredes de las células.

La lignina actúa como un cementante que liga los elementos de la estructura de celulosa y rigidiza el conjunto.

El primer componente se encuentra en un 60 a 70 % y el segundo se encuentra en proporciones de 15 a 35 %, siendo estos dos componentes los que definen las características mecánicas de la madera. El porcentaje restante que pueda existir son sustancias que imparten características de olor, color y sabor, generados por los taninos, los cuales se concentran en las vellosidades de las raíces, que se encargan de absorber el tipo de nutrientes (muy particulares para cada árbol) localizados en el subsuelo, e influyen en su permeabilidad.

En un análisis químico para analizar a la madera se obtiene aproximadamente el 50 % de Carbono, 6 % de Hidrógeno, el 43 % lo constituye el Oxígeno y el 1 % otros elementos.

Las células anteriormente descritas corresponden a las que se encuentran aproximadamente paralelas al eje del tronco, siendo estas las más predominantes, ya que existen otras perpendiculares a las anteriores llamadas rayos o células radiales, su función consiste sólo en la unión de las diferentes partes del tronco para el movimiento transversal de las sustancias alimenticias.

Las células verticales y horizontales están interconectadas para facilitar el flujo de la savia.

CAPITULO I

Las diversas maderas comerciales suelen dividirse en dos grandes grupos:

- a).- Maderas blandas o coníferas (gimnospermas)
- b).- Maderas duras o corrientes tropicales (angiospermas)

Los términos generales de madera blanda o de pino y madera dura o corrientes tropicales no son exactos, porque no se refieren específicamente a las densidades o durezas relativas de los dos grupos de madera, pero están aceptados en el lenguaje del comercio de la madera y han adquirido reconocimiento técnico y legal de modo definitivo.

En su estructura, los dos grupos de madera son distintos por completo, aunque también hay notables variaciones entre las diversas maderas blandas y duras.

L2.1 COMPONENTES DE LAS CONÍFERAS:

TRAQUEIDAS:

Constituyen la mayor parte de la madera de las especies de coníferas son tubos alargados huecos y ahuecados en ambos extremos con zonas delgadas características (poros) en las partes laterales. Son unas cien veces más largas que anchas, las traqueidas están dispuestas en filas radiales y son más o menos cuadradas o rectangulares vistas en sección transversal.

La impregnación de la madera de coníferas depende en gran parte de la circulación de preservadores por las cavidades de las traqueidas, efectuándose el paso de una célula a otra mediante unas formaciones valvuliformes denominadas poros areolares, que se hayan a pares en las paredes adyacentes a las traqueidas.

CAPITULO I

CANALES RESINIFEROS:

Los canales resiníferos son estrechas cavidades intercelulares de longitud indeterminada que se forman en ciertas coníferas un sistema de intercomunicación de pasadizos verticales (axiales) y radiales. Estas aberturas de la madera no son células y, en consecuencia, no tienen paredes limitantes propias sino que están rodeadas de una o más capas de células de parénquima (conductos verticales) o están confinadas en radios agrandados o fusiformes (conductos radiales).

Los canales resiníferos verticales son en los pinos de un tamaño suficiente para observarlos con facilidad a simple vista, apareciendo como agujeros o puntos diminutos en la sección transversal y como líneas o rayas finas en las superficies longitudinales.

A causa de su carácter canalizador, los canales resiníferos pueden considerarse canales potenciales que facilitan la circulación de los preservadores en la madera durante la impregnación. Los conductores verticales mejoran la penetración de un líquido desde los extremos de una pieza, mientras que los conductores radiales ayudan a dicha penetración por las caras tangenciales.

VASOS:

Los vasos, que forman una parte característica de la estructura del duramen, son formaciones tubuliformes de longitud indeterminada que intervienen en el proceso de conducción de la savia en el árbol vivo. Están formados por la función de series verticales de células llamadas membranas de los vasos, y que se diferencian de otros elementos de la madera en que no están encerrados enteramente por paredes celulares, ya que tienen perforaciones relativamente grandes en ambos extremos, y de un solo vaso se abren directamente sobre la de otro.

Por su estructura tubular los vasos sirven de paso natural a preservadores en la dirección de la fibra de la madera.

CAPITULO I

FIBRAS:

Estas constituyen la mayor parte del tejido leñoso en la mayoría de las frondosas. Puede decirse en general que las fibras no son factores importantes en la penetración inicial de preservadores, aunque su permeabilidad puede tener notables influencias en la extensión subsiguiente de los líquidos procedentes de los vasos y otros puntos posibles de concentración.

RADIOS:

Los radios son agregaciones en forma de cinta, de células relativamente pequeñas que se extienden en un sentido radial en la madera. En el árbol vivo almacenan y conducen radialmente las materias alimenticias vegetales, y pueden tener una función secundaria de conducción de agua.

Los radios de las coníferas como grupo, son tan pequeños que resultan invisibles a simple vista. En cambio los radios de frondosas son extremadamente variables de tamaño y visibilidad.

ALBURA Y DURAMEN:

La madera que se forma durante la primera parte de la vida de un árbol es fisiológicamente activa y constituye lo que se llama **albura**. Pero a medida que el tronco y las grandes ramas aumentan de diámetro, juntamente con el incremento anual de nuevas capas de albura en el exterior de la madera ya existente, la porción extrema interior cesa de funcionar más pronto o más tarde, excepto **mecánicamente**, y experimenta ciertos cambios que originan la formación de un núcleo interno más o menos claramente diferenciado llamado **duramen** o **corazón**. Algunos factores, como la especie del árbol y las condiciones en que se desarrolla, influyen grandemente en las cantidades relativas de estos dos.

En general, la **albura** se impregna con mayor facilidad que el **duramen**.

1.3 PROCESO DE CRECIMIENTO DE LOS ARBOLES

Este proceso de crecimiento se lleva a cabo en los extremos de las ramas y el cambium, por medio del nacimiento y desarrollo de nuevas células.

Cambium es una capa de espesor microscópico que se encuentra inmediatamente al interior de la corteza. Parte de las células nuevas que se originan por subdivisión contribuyen a aumentar la corteza y las restantes pasan a incorporarse a las capas ya existentes de **xilema** o madera. El proceso de crecimiento es alimentado por la savia descendente que circula por la corteza interior o **líber** contigua al cambium.

En la sección transversal de la figura 2 se observan una serie de anillos concéntricos que van desde la **médula** o centro del árbol hasta la corteza.

Cada uno de estos anillos corresponde al crecimiento de un año y por ello suelen llamarse **anillos de crecimiento anual**. Como se indica en el detalle correspondiente de la figura 2, generalmente se distinguen dos capas en cada anillo. La interior, denominada **madera temprana** o **madera de primavera**, se desarrolla durante la primera fase de crecimiento, en la época en que dispone de más agua. Para facilitar la circulación de líquido las células formadas en esta época son de diámetro relativamente grande y de paredes de poco espesor. La capa exterior que constituye la **madera tardía** o **de verano** tiene células de menor dimensión transversal pero con paredes más gruesas lo que le da mayor densidad y resistencia. Su colorido es más oscuro que el de la madera de primavera.

Los anillos anuales se distinguen únicamente en las maderas de las zonas templadas donde las variaciones de clima de una estación a otra ocasionan variaciones importantes en las características del proceso de crecimiento, que prácticamente se interrumpe durante la época fría. En las maderas de regiones tropicales donde las condiciones climatológicas son más uniformes, los anillos no se aprecian.

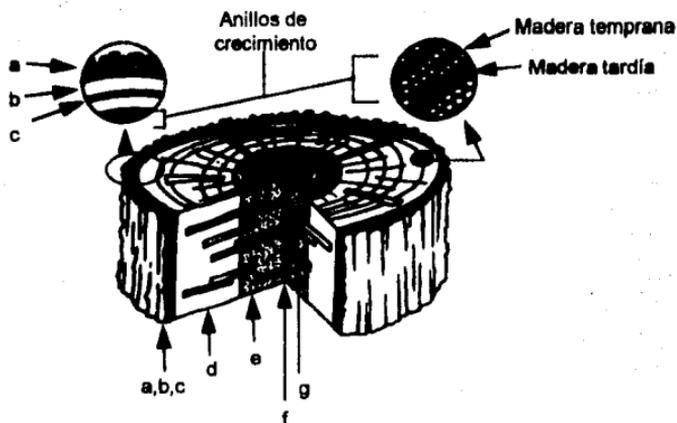


Fig. 2 Sección Transversal de un Arbol:

a) Corteza exterior:

Formada por los tejidos muertos, que sirve de capa protectora.

b) Liber o corteza interior:

Por donde circula la savia descendente que alimenta el proceso de crecimiento que tiene su origen el *cambium*.

c) Cambium:

Capa microscópica, inmediatamente interior al *liber*, donde se forman las células nuevas de madera y corteza.

d) Albura:

Parte activa del tronco por donde circula la savia ascendente desde la raíz hasta las hojas.

e) Duramen:

Parte inactiva del tronco que proporciona soporte estructural al árbol, generalmente de color más oscuro que la *albura*.

f) Médula:

La parte más antigua del tronco donde se originan las ramas.

g) Rayos:

Células radiales que unen las diversas paredes del árbol para el movimiento de las sustancias alimenticias.

CAPITULO I

Parte de las células que van formando el tronco de un árbol permanecen activas durante cierto tiempo, participando en el proceso vital. Estas células vivas se encuentran en la región del tronco denominada **albura**. A medida que el árbol crece las células de la parte inferior de la **albura** se vuelven inactivas y se convierten en **duramen** o madera de corazón. En general el **duramen** se distingue por su colorido más oscuro. Desde el punto de vista de resistencia, la **albura** y el **duramen** son parecidos. Sin embargo, la madera del **duramen** es más dura que la de la **albura**, por lo tanto, es menos susceptible a los agentes que provocan la putrefacción.

En el centro del tronco se encuentra la **médula**, la parte más antigua del árbol, donde se inició el proceso de crecimiento y donde tienen su origen las ramas.

La capa exterior del tronco o corteza que protege a la madera, está formada por dos subcapas: la corteza exterior constituida por células muertas y el liber o corteza interior, por donde circula la savia descendente que alimenta el proceso de crecimiento desarrollado en el **cambium**, como se señaló anteriormente.

I.3.1 DEFECTOS DE CRECIMIENTO DE LA MADERA.

Lo que conocemos como "defectos" en la madera, en realidad se trata de características orgánicas naturales, teniendo su origen cuando el árbol esta en pleno proceso de desarrollo. Se mencionara algunos de los más importantes:

NUDOS

BOLSAS DE RESINA

RAJADURAS DURANTE EL CRECIMIENTO Y SECADO

GEMAS

COLAPSO

AGUJEROS

CAPITULO I

NUDOS

Los nudos son quizás el defecto natural más común en la madera ya que a medida que un árbol se desarrolla va envolviendo el arranque de las ramas siendo estas porciones las que quedan rodeadas por la madera del tronco. Para su mejor identificación mencionaremos el tipo de nudo vivo o fijo y el nudo muerto o flojo según sus características:

Nudo vivo o fijo.- es cuando las ramas están vivas al ser envueltas por el material del tronco y sus tejidos son continuos con los del tronco.

Nudo muerto o flojo.- este tipo de nudo es cuando la rama muere quedando un muñón que acaba rodeado por los tejidos del tronco, no existiendo continuidad entre los tejidos del nudo y los del tronco.

La influencia de los nudos sobre la resistencia de una pieza estructural depende de su tamaño y su localización así como el tipo de acción aplicada a la pieza. En general la presencia de un nudo reduce la dureza porque se disminuye la cantidad de material resistente, ya que se interrumpe la continuidad de algunas fibras y lo que es más significativo, se desvía una cantidad considerable de las fibras en la proximidad del nudo.

BOLSAS DE RESINA.

Son cavidades entre los anillos de crecimiento, que contienen resina. Su efecto sobre la resistencia depende de su número, tamaño y localización. Son especialmente nocivas cuando se encuentran en planos sometidos a esfuerzos cortantes altos.

CAPITULO I

RAJADURAS DURANTE EL CRECIMIENTO Y SECADO.

Durante el proceso de crecimiento pueden crearse estados de esfuerzo interno que ocasionan rajaduras o grietas.

Las rajaduras pueden ser: Anulares y Radiales.

Anulares, cuando se presentan entre anillos de crecimiento.

Radiales, cuando están orientadas de la médula a la corteza.

Las rajaduras debidas al secado producirán diferencias entre las contracciones en las direcciones longitudinal, radial y tangencial que se presentan cuando la madera es sometida a un proceso de secado creando estados de esfuerzo que conducen a la formación de rajaduras o fisuras de distintos tipos.

Toda rajadura puede reducir la resistencia a esfuerzos cortantes de manera significativa.

GEMAS.

A veces, con el fin de obtener el máximo provecho de un tronco, se hacen los cortes de manera que algunas piezas exhiben; en una o más caras, la corteza o la superficie redondeada del tronco.

Estas gemas, reducen la sección de las piezas y por consiguiente su resistencia.

COLAPSO.

Es una condición que se presenta cuando al secar en estufa se utiliza una temperatura alta para secar madera muy húmeda. Se caracteriza por presentar una apariencia irregular. Esto afecta seriamente las propiedades mecánicas de la madera.

CAPITULO I

AGUJEROS.

Este es un defecto ocasionado principalmente por insectos, dependiendo del tamaño y número de ellos en una sola área del durmiente pueden disminuir grandemente su resistencia.

1.4 AGENTES QUE DAÑAN A LA MADERA.

La pudrición de la madera es el resultado de actividades de hongos xilófagos. Seguidamente a la infección, los hongos se desarrollan dentro de la madera, constituyendo un conjunto de filamentos muy finos llamados **micelio** y cada uno de los filamentos micelianos toman el nombre de **hifas**.

La manera de vivir de estos organismos puede ser:

Saprofítica, o sea sobre sustancia orgánica en descomposición.

Simbiótica, cuando es en asociación con otro ser vivo .

Parásita, cuando habita sobre un ser vivo

Al principio, o **etapa incipiente** de pudrición, las **hifas** se extienden por la madera en todas direcciones desde el punto de origen, pasando ordinariamente de célula a célula en los puntos de contacto con las paredes. Durante esta etapa de invasión no hay todavía una verdadera disolución de la madera o un cambio aparente en sus características, sino una posible decoloración de la pieza infectada que suele pasar inadvertida, esto puede sucederle a productos que han estado expuestos a la intemperie durante el secado al aire libre.

Una vez que la pudrición a rebasado el periodo incipiente, el aspecto exterior de la madera se altera de manera más perceptible. Las paredes de las células se desintegran definitivamente, y la madera experimenta grandes cambios en el color, textura, continuidad y resistencia mecánica. Al final o **etapa avanzada** de pudrición, la madera se hace blanda, esponjosa, espinosa, alveolada o fácilmente **disgregable**, según la naturaleza del hongo atacante y la extensión de su destrucción.

CAPITULO I

PRINCIPALES AGENTES DESTRUCTORES DE LA MADERA.**I.4.1 HONGOS**

Existen cuatro condiciones necesarias para el desarrollo de los hongos xilófagos.

EXISTENCIA DE ALIMENTO ADECUADO
TEMPERATURA FAVORABLE
GRADO SUFICIENTE DE HUMEDAD
AIRE, AUNQUE SEA EN PEQUEÑA CANTIDAD

La deficiencia de cualquiera de estos factores físicos, químicos y biológicos inhibirá el desarrollo del hongo, aunque éste se halle ya bien establecido en la madera.

ALIMENTACIÓN. (FACTOR BIOLÓGICO)

El alimento requerido para la nutrición del hongo xilófago es suministrado principalmente por la misma materia que constituye las paredes de la célula del hospedante, pero también puede facilitar el alimento las sustancias almacenadas en las cavidades celulares, tales como almidones, azúcares y otros. La combinación que existe de celulosa y lignina que constituye a la madera es sumamente compleja para que el hongo pueda asimilarla, por ello las hifas segregan ciertas sustancias químicas llamadas **enzimas** o **fermentos** que desintegran las paredes celulares y las convierte en compuestos nutritivos más simples que son solubles y pueden ser fácilmente aprovechados por los hongos.

Existen dos amplios tipos de pudrición según el lugar que ataquen los hongos a la madera, siendo los siguientes:

Pudrición blanca: Se manifiesta cuando los hongos atacan preferentemente a la lignina, dejando un residuo blanquecino de celulosa.

CAPITULO I

Pudrición parda: Es cuando concentran su ataque sobre la celulosa y dejan un residuo pardusco, que se desmenuza fácilmente en polvo.

TEMPERATURA. (FACTOR FÍSICO)

Los hongos xilófagos son capaces de crecer dentro de amplios límites de temperatura, desarrollándose con mayor rapidez durante periodos más cálidos y más húmedos del año.

La temperatura óptima varía según la especie, pero la mayoría de los casos es entre 24 y 35 grados Centígrados.

Cuando la temperatura se encuentra por debajo del margen para su desarrollo óptimo, la velocidad de la actividad del hongo disminuye; a temperaturas muy bajas el hongo se inhibe aunque ningún grado de frío logra matarlo. Este punto de inhibición varía según los hongos.

Sin embargo un aumento de temperatura por encima del margen favorable tiene un efecto todavía mayor sobre el retraso del desarrollo y la aplicación de calor suficiente matará incluso los hongos más resistentes.

Las temperaturas letales de los diversos hongos tiene gran importancia en la esterilización por calor de la madera infectada. Ningún xilofago puede sobrevivir al buen secado comercial en estufa o a los tratamientos por vapor, con tal de que se apliquen temperaturas lo bastante altas durante un tiempo suficiente (cuidando de que no se produzca un colapso en la madera) para lograr la penetración del calor hasta la profundidad en que las hifas han llegado.

El hecho de que pueda esterilizarse eficazmente la madera con calor, no quiere decir que tal tratamiento la haga inmune a la pudrición, es por ello que se necesita otro tratamiento para asegurar los resultados en la preservación de la madera puesta en servicio.

CAPITULO I

HUMEDAD. (FACTOR FÍSICO)

Se establece que para un contenido de humedad mayor que el designado como punto de saturación de la fibra (PSF), es el óptimo para el mejor desarrollo de la mayoría de los hongos, dándose el PSF entre los límites de 25 a 30 % de humedad.

Se considera que en el punto de saturación de la fibra, las cavidades celulares están completamente exentas de humedad mientras que las paredes están completamente saturadas. Los hongos dependen para su desarrollo de esta "humedad libre" que se produce en las cavidades celulares.

La aparición de la pudrición también es retrasada o inhibida por un exceso de humedad, ya que es mucho mayor el volumen de madera saturada de agua quedando casi anulado el volumen que se ocuparía de aire (oxígeno) necesario para su desarrollo.

OXIGENO. (FACTOR QUÍMICO)

Los hongos son organismos aerobios, esto es que no pueden vivir más que en presencia del oxígeno gaseoso. El libre acceso del aire en el tejido atacado es necesario para el desarrollo del micelio. Siendo necesario para que sobrevenga la pudrición, que exista una cantidad de aire equivalente a más del 20% del volumen de la madera.

Como se puede analizar, existe una amplia relación entre el contenido de humedad y la cantidad de oxígeno en la madera.

CAPITULO I

PRUEBA PILOTO DEL TRATAMIENTO PARA DETERMINAR EL TIEMPO DE ESTERILIZACIÓN EN LA MADERA.

Para controlar las temperaturas de esterilización, se emplean aparatos de pila seca "pirómetros", con los cuales y por medio de termopares se introducen en el centro de la pieza piloto por tratar.

Empleando el preservante bien caliente (80 ° C mínimo) y con presión adecuada (para este caso 12 kg/cm²) se va leyendo en el cuadrante del pirómetro la temperatura en el centro de la pieza debiendo ser esta de 65.5 °C durante 75 minutos, necesarios para esterilizar la madera eliminando todo vestigio de vida orgánica (hongos), y sólo cuando se cumpla el tiempo de esterilización como de retención en la madera piloto se abatirá la Presión.

No todos los hongos son capaces de atacar toda clase de madera; esto se atribuye a la diferente composición química de las diversas especies, y especialmente al carácter de las materias incrustantes y productos de secreción, o la diversa naturaleza de las enzimas segregadas por los distintos hongos. Algunos hongos reducen su actividad a cierto número de maderas, mientras otros se limitan a una sola especie. Sin embargo, hay maderas que pueden ser atacadas por diferentes tipos de hongo al mismo tiempo.

1.4.2 INSECTOS

A estos organismos se les considera como segundos en importancia después de los hongos por la cantidad y valor de los daños que causan.

Los insectos más conocidos y más dañinos son las termitas o polilla que son insectos sociales que forman colonias bien organizadas en nidos. Su principal alimento es la celulosa, la cual digieren por acción de protozoarios que habitan en su intestino.

CAPITULO I

Se distinguen 3 grupos: termitas subterráneas, termitas de madera seca y termitas de madera húmeda.

Las termitas subterráneas construyen su nido bajo el suelo o en pedazos de madera en contacto con éste, a fin de hacer túneles hasta los sitios donde se encuentra su alimento.

Estos insectos de cuerpo blando, son muy sensibles a cambios de temperatura, pero especialmente a cambios de humedad, ya que sus cuerpos no tienen protección adecuada para evitar su desecación en ambientes que no tienen una alta humedad relativa. Es por esto que construyen galerías de sus nidos a los sitios donde se alimentan ya que dentro de ellos mantienen condiciones óptimas de medio ambiente para sus actividades.

Al atacar una pieza de madera consumen las porciones internas, dejando un cascarón hacia el exterior que protege a los organismos de la luz, cambios de temperatura y humedad. Esta característica es la razón por la que en muchas ocasiones no se detecta el daño causado por estos organismos hasta que la pieza o piezas han sido severamente atacadas.

Cuando la madera no está en contacto directo con el suelo los insectos construyen galerías aprovechando hendiduras en concreto y mampostería, hasta llegar a la madera, y a través de estos ductos mantienen la comunicación con el nido y las condiciones ambientales deseadas.

Las polillas de la madera seca no necesitan conexión alguna con el suelo y resisten bien los cambios de temperatura y humedad, ya que sus cuerpos están cubiertos por una capa protectora que evita su desecación.

Las termitas de este tipo no son tan dañinas ni tan numerosas como las subterráneas. Los daños que ocasionan se perciben cuando los organismos adultos, que son alados, emergen de la madera a través de pequeños orificios para trasladarse a otras piezas de madera e iniciar nuevas colonias.

CAPITULO I

En otras ocasiones se detecta la presencia de estos insectos por la acumulación de aserrín bajo los orificios de salida de éstos. Es necesario hacer la observación de que cualquier grupo de termitas no atacan la madera impregnada puesta en servicio como durmientes, ya que las vibraciones mecánicas las inactivan; pero puede causar grandes pérdidas cuando se encuentra la madera cruda entongada por largos periodos.

De los coleópteros existen un gran número de ellos conocidos por escarabajos que ponen huevecillos dentro de la madera y cuyas larvas se la comen.

1.4.3 AGENTES MARINOS

De los agentes destructores marinos hay también numerosos ejemplares distribuidos ampliamente, entre los crustáceos están los géneros *Limnoria*, *Sphaeroma* y *Chelura*. La especie *Limnoria lignorum* es la que más se ha extendido, tiene uñas en las patas y mandíbulas en forma de sierra, el extremo caudal es como abanico y mide cerca de un centímetro de largo; en el género *Sphaeroma* hay ejemplares hasta de 1.5 cm., y hacen horadaciones de cerca de 8 centímetros.

Entre los moluscos, están los géneros *Teredo*, *Bankia* y *Martesia*. Los tres géneros citados habitan en casi todas las aguas marinas, sus larvas se fijan en las maderas y las horadan introduciéndose después para habitarlas, poseen una concha bivalva con que cubren la salida del orificio.

1.4.4 DESGASTE MECÁNICO Y ATMOSFÉRICO

La madera sometida a condiciones de movimiento de diversas clases está expuesta al deterioro por desgaste mecánico o por roce, siendo este el motivo por el que los durmientes pueden hacerse inservibles, en este caso la madera preservada con creosota u otro preservador tiene un doble efecto al aumentar su duración, pues no sólo evita o retrasa la pudrición, sino además tiende a mantener la dureza original del material.

CAPITULO I

Un sistema para ayudar a reducir los fenómenos de abrasión, es el de utilizar placas de asiento, usadas en la mayoría de los ferrocarriles, estas pueden ser de caucho o de acero; colocándose entre el durmiente y el patín del riel que reparten las cargas de tráfico sobre una zona de madera mayor que la que está cubierta solo por el patín del riel, reduciéndose así el grado de desgaste a que esta sometido el durmiente.

También hay que considerar que los agentes atmosféricos intervienen en la destrucción de la madera, ya sea directamente o bien favoreciendo la actividad de los organismos vivos.

CARACTERISTICAS DE UN PRESERVADOR

**C
A
P
I
T
U
L
O**

II

CARACTERÍSTICAS DE UN PRESERVADOR

Los preservadores de maderas son sustancias o compuestos químicos, que aplicados convenientemente, la hacen resistente a los ataques de los hongos, insectos y agentes destructores marinos, además de agentes atmosféricos; varían ampliamente en naturaleza, costo, eficacia y uso.

Los hay solubles en agua (**Hidrosolubles**) y solubles en aceites (**Oleosolubles**).

En la madera tratada, los preservadores oleosos penetran en los espacios intercelulares, mientras que los hidrosolubles **reaccionan** químicamente y se precipitan por las paredes celulares, es por esto, que al entrar en ellos, bloquean la respiración o el metabolismo celular, inhibiendo o envenenando al agente destructor.

Independientemente del tipo de preservador, en general, deben reunir las siguientes características:

- 1.- Ser altamente tóxicos a los organismos destructores de la madera.
- 2.- Poseer alta capacidad de penetración en la madera.
- 3.- Ser capaces de permanecer inalterados largo tiempo y resistir lixiviación e intemperismo.
- 4.- Tener facilidad de manipulación, sin peligro para la salud.
- 5.- No dañar la madera ni ser corrosivos a los metales.
- 6.- Ser accesibles y económicos tanto en el mercado como en sus métodos de aplicación.
- 7.- Ser lo suficientemente versátiles para cubrir toda necesidad.

CAPITULO II

II.1 EFICIENCIA DE UN PRESERVADOR

La eficacia de un preservador depende en parte de su toxicidad, o de su propiedad de hacer venenosa la madera, para los organismos que se alimentan de ella o que penetran en su interior buscando alojamiento.

Esta propiedad puede medirse en el laboratorio, bajo condiciones debidamente reguladas, intentando el desarrollo de hongos en medios de cultivos que contengan cantidades distintas del preservador que se quiere emplear. De esta manera se determina la concentración mínima de preservador requerido para matar al hongo; esta concentración expresada como porcentaje de peso húmedo final del medio de cultivo, incluyendo al preservador se denomina, **punto fungicida** del preservador, una concentración más baja que la del **punto fungicida**, la cual evita la formación de hongos sin matarlos, se llama **punto de inhibición total**.

Un preservador suele tener diferentes **puntos fungicidas** cuando se ensaya con hongos distintos o cuando varían las condiciones de la prueba. Por lo tanto, los valores tóxicos son completamente relativos, pero los **puntos fungicidas** de los diversos productos químicos son comparables entre sí solamente cuando se determinan respecto del mismo microorganismo y mediante los mismos procedimientos de prueba.

En conclusión, ningún preservador es "UNIVERSAL", es decir, que se adapte a todas las aplicaciones.

La calidad de la madera que hay que tratar y el servicio a que se destina, determinan las propiedades más importantes que ha de reunir un preservador.

En algunas ocasiones el compuesto preservador puede actuar sólo como repelente para los insectos sin ser tóxicos, en otros es necesario además un carácter venenoso del mismo para protección contra hongos y agentes destructores marinos.

CAPITULO II

Los compuestos oleosolubles son excelentes repelentes. Tal es el caso de la **Creosota** y el **Pentaclorofenol**, que son los preservadores oleosolubles que serán los utilizados en la preservación de la madera destinada para durmientes de vías férreas.

La **Creosota** de alquitrán de hulla se considera quasirepelente, pero en realidad contiene muchos compuestos que son capaces de disolverse y ejercer un efecto venenoso, que en cambio, ciertos productos químicos, como el **Pentaclorofenol**, puede ser extremadamente insoluble en agua, además de su carácter repelente tiene una elevada toxicidad que puede actuar como micocida.

El promedio de vida de la madera tratada en México fluctúa entre 25 y 30 años. Por lo tanto un material que se evapore en unos años o que cambie químicamente en un corto período de tiempo y se transforme en compuestos ineficaces, no es adecuado como preservador.

II.2 CLASIFICACIÓN DEL PRESERVADOR

Los preservadores pueden clasificarse de varias maneras, de acuerdo con sus características físicas y químicas, o por requerir de un solvente (vehículo) para penetrar en la madera, agrupándolos según el tipo de solvente necesario. Para la facilidad de exposición se dividirán en 2 grupos:

a).- **Preservadores hidrosolubles.**

b).- **Preservadores oleosolubles y aceites.**

II.2.1 PRESERVADORES HIDROSOLUBLES.

En este caso el agua presenta varias ventajas como disolvente para preservadores de madera, ya que es económica y abundante, penetra bien en la madera y esta libre de los peligros de incendio, explosión y no es tóxica.

CAPITULO II

Los preservadores hidrosolubles, están formados por una mezcla de sales inorgánicas hidrosolubles, combinadas en porcentajes calculados para obtener la fórmula correcta.

Las sales hidrosolubles reaccionan con los compuestos de la madera, para formar compuestos químicos insolubles.

Los preservadores de este tipo contienen generalmente sales de dos o más de los siguientes elementos: zinc, cromo, cobre y arsénico, además de otros en menor proporción.

Según las especificaciones del A.R.E.A. (Asociación Americana de Ingeniería Ferroviaria) en el punto 6.4.2. menciona:

"Los preservadores a base de agua son por lo general empleados siempre que se desee un producto inodoro en su aplicación. Los preservadores que contienen una combinación de cromo y cobre con o sin arseniato, como el arsénico de cobre cromado (CCA), reaccionan con la madera durante y después de la impregnación formando un producto químico muy soluble. Como tal, este preservador resulta muy durable en la madera. Otro preservador a base de agua es el arsénico de amoníaco y cobre (ACA), siendo de igual forma insoluble en la madera, ya que el amoníaco que se solubiliza se evapora de la madera tratada."

El material tratado con preservadores hidrosolubles se encuentra más sujeto al vencimiento por carga de impacto.

CAPITULO II

Algunos de estos compuestos son:

Cromato ácido de cobre (calcure)

COMPOSICIÓN:

| | | |
|--------------------|--------------|---------------------------|
| Sulfato de cobre | 50.0 % | CuSO_4 |
| Dicromato de Sodio | 48.3 % | Na_2CrO_3 |
| Ácido crómico | <u>1.7 %</u> | H_2CrO_3 |
| | 100.0 % | |

Arseniato amoniacal de Cobre (chemonite)

COMPOSICIÓN:

| | | |
|----------------------|--------------|--------------------------|
| Hidróxido de cobre | 57.7 % | $\text{Cu}(\text{OH})_2$ |
| Trióxido de Arsénico | 40.7 % | As_2O_3 |
| Ácido acético | <u>1.6 %</u> | CH_3COOH |
| | 100.0 % | |

CAPITULO II

Arseniato cromatado de cobre.

a).- Tipo A o Tipo I (Creensalts o Erdalith).

COMPOSICIÓN:

| | | |
|-----------------------|---------------|------------|
| Dicromato de Potasio | 56.0 % | K_2CrO_3 |
| Sulfato de cobre | 33.0 % | $CuSO_4$ |
| Pentóxido de Arsénico | <u>11.0 %</u> | As_2O_5 |
| | 100.0 % | |

b).- Tipo B o Tipo II (Osmose K-33 o Boliden K-33)

COMPOSICIÓN:

| | | |
|----------------------|---------------|-------------|
| Ácido Arsénico | 42.0 % | $H_3 AsO_4$ |
| Ácido crómico | 27.0 % | $H_2 CuO_4$ |
| Oxido de cobre | 5.0 % | CuO |
| Ingredientes inertes | <u>16.0 %</u> | |
| | 100.0 % | |

c).- Tipo C (Osmose K-33 o C-55)

COMPOSICIÓN:

| | | |
|-------------------|---------------|------------|
| Oxido de cobre | 18.5 % | CuO |
| Oxido de cromo | 47.5 % | CrO_3 |
| Oxido de arsénico | <u>34.0 %</u> | $As_2 O_3$ |
| | 100.0 % | |

CAPITULO II

Cloruro de zinc cromatado.**COMPOSICIÓN:**

| | | |
|--------------------|---------------|----------------------------------|
| Cloruro de Zinc | 81.5 % | ZCl ₂ |
| Dicromato de sodio | <u>18.5 %</u> | Na ₂ CrO ₃ |
| | 100.0 % | |

Arseniato-Fenol-Fluor-Cromo.**a).- Tipo A o Tipo I (Sales de Wolman o Tanalith)****COMPOSICIÓN:**

| | | |
|--------------------|---------------|---|
| Fluoruro de sodio | 25.0 % | NaF |
| Arseniato de sodio | 25.0 % | Na ₃ As |
| Cromato de sodio | 37.5 % | NaCrO ₃ |
| Dinitrofenol | <u>12.5 %</u> | C ₆ H ₃ OH(NO ₂) ₂ |
| | 100.0 % | |

b).- Tipo B o Tipo II (Osmolts o Osmosar)**COMPOSICIÓN:**

| | | |
|--------------------|--------------|---|
| Fluoruro de sodio | 34.0 % | NaF |
| Arseniato de sodio | 25.0 % | Na ₃ As |
| Dicromato de sodio | 34.0 % | Na ₂ CrO ₃ |
| Dinitrofenol | <u>7.0 %</u> | C ₆ H ₃ OH(NO ₂) ₂ |
| | 100.0 % | |

CAPITULO II

II.2.2 ACEITES Y PRESERVADORES OLEOSOLUBLES

En este grupo figuran los aceites preservadores obtenidos como subproductos de otros procesos, como la Creosota de alquitrán de hulla. Igualmente se incluyen en este grupo los preservadores preparados disolviendo los productos químicos tóxicos en aceites disolventes, estos pueden ser aceites pesados de petróleo, aceites combustibles ligeros o cualquier otro aceite que reúna las propiedades requeridas. El Pentaclorofenol es el producto químico tóxico usado principalmente de esta manera.

Un punto muy importante y ventaja sobre los hidrosolubles es que influye en la madera de modo que **aumenta su resistencia mecánica**, ya que le proporciona mayor flexibilidad, además de que la impermeabiliza.

CREOSOTA DE ALQUITRAN DE HULLA

La AWPA define la Creosota de alquitrán de hulla como sigue:

"Un destilado de alquitrán de hulla bituminosa; consiste principalmente en hidrocarburos aromáticos, sólidos y líquidos que contiene notables cantidades de ácidos y bases de alquitrán, es más pesada que el agua".

Al destilar el alquitrán de hulla, las primeras fracciones contienen los llamados **aceites ligeros**, y el residuo que queda al completarse el proceso es la **brea**. La fracción líquida de ebullición más elevada, recuperada entre estas dos clases generales del producto, se denomina **creosota**.

El carácter del alquitrán, los detalles del proceso de destilación y la proporción del destilado incluido en la fracción de creosota influyen en la naturaleza de la misma **creosota**, esta no es una mera sustancia química, sino una mezcla que contiene gran número de compuestos, muchos de los cuales se usan en el comercio ya que es esencialmente un subproducto.

CAPITULO II

Seria difícil trazar una lista completa de los diversos compuestos que se hallan en la creosota de alquitrán de hulla, y probablemente la lista incluiría varios centenares de nombres, porque no se ha podido determinar el total de los diferentes compuestos que la forman, y por ello pudiera decirse que es la base de la química orgánica.

Los componentes conocidos pueden agruparse en tres clases principales: **hidrocarburos, ácidos de alquitrán y bases de alquitrán**. En estos grupos no figuran ciertos compuestos que aparecen en pequeñas cantidades y contienen principalmente azufre, sustancias que se cree que no tienen importancia en la conservación de la madera.

Los ácidos de alquitrán, que no son verdaderos ácidos en sentido químico, suelen representar menos del 5% de la creosota normal. Incluyen varios fenoles, cresoles, xilenoles y naftoles, los cuales son tóxicos para los hongos y otros organismos que destruyen la madera.

Las bases de alquitrán comprenden las piridinas, quinolinas y acridinas, la mayoría de las cuales son tóxicas. La cantidad de estas sustancias en una creosota normal no excede probablemente la de los ácidos de alquitrán.

Los hidrocarburos, que forman la mayor parte del volumen de la creosota, comprenden benceno, tolueno, xileno, naftaleno, acenafteno, fenantreno, antraceno y fluoreno, entre otros.

Bateman y sus colaboradores, mediante el método de agar en caja de petri para investigar la toxicidad contra un hongo, descubrieron que la mezcla de hidrocarburos que destilan entre los 200 y 275 °C es más tóxica para los hongos xilófagos que la creosota completa. Una serie de hidrocarburos comprendidos en este margen de ebullición son extremadamente tóxicos. Bateman observó que los hidrocarburos que destilan por encima de los 275 °C son demasiado insolubles para matar los hongos empleados en las pruebas, aún cuando ejercen un efecto retardante sobre su crecimiento.

CAPITULO II

Sin embargo, los consideró componentes importantes de la creosota, puesto que actúan colectivamente como portador o disolvente de los ácidos y bases de alquitrán y de los hidrocarburos de ebullición baja, liberando muy despacio estos tóxicos en el agua de la madera tratada y prolongando así la eficacia preservadora de la creosota completa.

Sólo falta agregar que los resultados obtenidos pueden variar con diferentes hongos de prueba y que la efectividad de la creosota como fungicida radica en el contenido de gran variedad de compuestos tóxicos para los diferentes agentes destructores de la madera.

Características.- La creosota procederá en su totalidad de la destilación del alquitrán secundario de hulla, estando constituida en líneas generales por: **Aceite medio** (fracción 200-250 °C con o sin naftaleno y compuestos fenólicos), **Aceite pesado** (fracción 250-300 °C íntegra), **Aceite de antraceno** (fracción 300-350 °C íntegra), y discrecionalmente de cantidades variables del destilado de brea obtenido entre 350 °C y una temperatura que no debe pasar de 400 °C.

De acuerdo con el AREA (American Railway Engineering Association), Parte 7, para Especificaciones de Preservativos tenemos que:

1.- La creosota debe ser un producto obtenido por la destilación del alquitrán, producido por la carbonización del carbón bituminoso conocido como hulla.

2.- La creosota nueva y la creosota de uso en operación del tratamiento deberá reunir los siguientes requerimientos:

| | Creosota nueva | | Creosota en uso | |
|---|----------------|------|-----------------|------|
| | Mín. | Máx. | Mín. | Máx. |
| Agua, por ciento en volumen. | --- | 1.5 | --- | 3.0 |
| Materia insoluble en Benceno por ciento en peso | --- | 0.5 | --- | 1.5 |

CAPITULO II

DESTILACIÓN

| | Creosota nueva | | Creosota en uso | | |
|--|----------------|------|-----------------|------|------|
| | Mín. | Máx. | Mín. | Máx. | |
| El porcentaje en peso sobre una base anhidrida. debe ser siguiendo los límites: | | | | | |
| Arriba de | 210 °C | --- | 2.0 | --- | 2.0 |
| | 235 °C | --- | 2.0 | --- | 12.0 |
| | 270 °C | 20.0 | 40.0 | 20.0 | 40.0 |
| | 315 °C | 45.0 | 65.0 | 45.0 | 65.0 |
| | 355 °C | 65.0 | 82.0 | 65.0 | 82.0 |

Lo establecido anteriormente fue acordado con los métodos estándar de la American Wood-Preservers Association. (AWPA).

Las principales ventajas de la creosota de alquitrán de hulla como preservador de madera son:

- a) Su notable toxicidad para los hongos xilófagos, agentes destructores marinos e insectos.
- b) Su insolubilidad en el agua y escasa volatilidad, a lo que deben los aceites su alto grado de persistencia bajo las condiciones de servicio más variadas.
- c) Su fácil aplicación.
- d) La facilidad con que puede determinarse su profundidad de penetración.
- e) Su abundancia y su costo relativamente bajo.

CAPITULO II

Con esto se establece que el principal preservador en la madera destinada a ser usada al aire libre, como los durmientes, postes, pilotes, crucetas, etc, es la creosota. Aunque el color oscuro de la creosota y el hecho de que no pueda pintarse satisfactoriamente la hace inadecuada para maderas en que son de mayor importancia el aspecto visual y la admisión de pintura.

La dosificación para preparar la mezcla impregnante con creosota, estará de acuerdo a las especificaciones de FFCC y quedará establecida la misma dosificación para cada planta particular que maquile durmientes, como es el caso.

Las mezclas que se preparan en FF.CC. están constituidas por 50% de Creosota, 25% de Combustóleo pesado y 25% de Petróleo Diesel; o alguna variación con Aceite quemado, otra mezcla es de 50% Creosota y 50% de Petróleo diesel o diáfano, siendo este último por supuesto más caro.

Por muchos años se utilizó una mezcla muy eficaz que contenía 50% de Creosota y 50% de Impregnoi pero por nuevos convenios entre FF.CC. N de M. y el proveedor de estos solventes (en este caso PEMEX) se dejó de adquirir.

En estas mezclas el compuesto preservador fungicida o insecticida lo constituye la creosota, quedando los solventes como vehículos para abaratar el costo del impregnante.

Es evidente que la viscosidad de las mezclas de creosota puede variar entre límites muy amplios, según la viscosidad del alquitrán de hulla o del petróleo empleado y de la cantidad de estas sustancias en la mezcla en las mismas condiciones. Las soluciones de productos químicos tóxicos en petróleo de escasa viscosidad penetraran mucho más que un petróleo más viscoso y pesado. Por lo tanto este problema se soluciona aplicando calor a la mezcla haciendo cada vez más ligeros y fluidos los componentes y en consecuencia penetran más fácilmente a la madera.

CAPITULO II

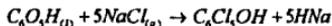
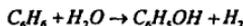
PENTACLOROFENOL

El pentaclorofenol es un compuesto sólido, cristalino, producido comercialmente por la reacción química del cloro como gas y el fenol como líquido. Los ingredientes básicos son benceno y cloro preparado por la descomposición electrolítica de la sal común.

El benceno se convierte primeramente en fenol, éste se hace reaccionar en presencia de un catalizador, para formar lo que se conoce con el nombre de pentaclorofenol técnico.



Y su reacción es la siguiente:



Es lo suficientemente soluble, para fines de conservación de la madera, en la mayoría de los aceites de ebullición elevada; pero es más soluble en otros disolventes, cuya adición es necesaria cuando se emplea como vehículo keroseno u otro petróleo volátil para economizar la mezcla.

El pentaclorofenol es irritante para la piel y las mucosas; las personas que intervienen en su fabricación y uso han de adoptar precauciones y evitar el contacto prolongado con el producto o sus soluciones. Cuando se toman las precauciones pertinentes, pocas veces se experimentan molestias, si bien algunas personas especialmente sensibles pueden resultar afectadas.

Las ventajas que tiene el pentaclorofenol como preservador es que tiene alta toxicidad para la destrucción de organismos, es químicamente estable, de baja volatilidad y nula solubilidad en agua.

CAPITULO II

Normalmente la concentración de pentaclorofenol en soluciones de petróleo para el tratamiento de la madera para durmientes varían de 2 % al 5 % máximo en peso, los experimentos de laboratorio y la experiencia de los que manejan este producto indican que es un intervalo óptimo de concentración.

El disolvente empleado ha de ser capaz de mantenerse satisfactoriamente en solución, penetrar completamente en la madera y, para ciertos fines, dejarla limpia, esto no así para el tratamiento de madera para durmientes, porque se emplean otros tipos de aceites como vehículos.

La capacidad preservadora de las soluciones de pentaclorofenol puede modificarse cambiando la concentración del tóxico químico. Un método consistiría en emplear creosota como disolvente del pentaclorofenol; pero aumenta considerablemente el costo sin prolongar más la duración de la madera que la creosota sola.

Muchos de los trabajos de investigación sobre este compuesto han sido realizados por el Forest Products Laboratory, en Madison, Wisconsin.

Actualmente el Pentaclorofenol está reconocido técnicamente como un buen preservador de la madera por la AREA, la AWPA, aún más la AWPA lo menciona en sus récords como un preservador de alta toxicidad, las pruebas y experiencias realizadas al respecto en México dentro de las plantas de impregnación de los Ferrocarriles Nacionales de México así lo confirman, ya que se utiliza para impregnar postes, crucetas, durmientes, madera para puente y maderas de construcción.

CAPITULO II

PROCEDIMIENTOS ÓPTICOS PARA DESCUBRIR EL PENTAFLOROFENOL EN LA MADERA.

La presencia del pentaclorofenol se manifiesta por la formación de cristales de aspecto y refringencia característicos, visibles a simple vista, con el auxilio de una lupa, o al microscopio.

A SIMPLE VISTA:

Para observar la presencia de los cristales en una sección cualquiera de maderos tratados, basta con buscar el ángulo conveniente de incidencia de los rayos de la luz bajo la que se opera, la del sol por ejemplo, o la de una lámpara; para notar infinidad de puntos brillantes como minúsculos espejos, más abundantes cuando la retención de luz es mayor.

A LA LUPA:

El aspecto es semejante, sólo que se apreciarán mejor el tamaño de los puntos brillantes y la formación obtenida en la madera.

AL MICROSCOPIO:

El aspecto es distinto, debido a que los cristales se presentan en forma de agujones de distintos tamaños, unidos por un extremo, formando grupos a manera de matojos blanquecinos para cierto plano de enfoque, la identificación de los cristales debe hacerse minuciosamente para evitar falsas apreciaciones a las que da lugar la brillantez con que se reflejan los rayos luminosos cuando inciden en las concavidades de los vasos y en las sinuosidades del corte, para evitar esta confusión, será prudente correr una observación testigo, sobre un corte de madera de la misma esencia, que no haya tenido contacto con pentaclorofenol, practicado en el mismo sentido y con la misma herramienta que el corte en el madero inmunizado.

CAPITULO II

Las resinas y las gomas también, causan al microscopio reflexión y refringencia, pero distintas de las características del pentaclorofenol, con las que no se deben confundir. Para evitar los brillos naturales por reflexión en la madera pueden usarse colorantes acuosos opacos con tinta china.

Lo anterior es útil para revelar la presencia de pentaclorofenol, no para la cuantificación de la retención.

II.2.3 PRECAUCIONES SOBRE EL USO DEL PRESERVADOR

Por el alto porcentaje de Arsénico (As):

- a).- Todas las magulladuras en las manos deberán vendarse con protección impermeable, usando guantes y cremas.
- b).- En caso de cortaduras y raspones, lavar con agua abundantemente y de inmediato llamar a un médico.
- c).- Después del manejo de las sales, lavarse las manos, brazos y ropa que haya tenido contacto con las sales, empleando mucho jabón.

Cuando se utilicen sales hidrosolubles como preservadores, se empleará para su tratamiento el sistema de celdilla llena y el contenido de humedad en la madera, será siempre menor de 25% (Proceso Bethell).

Terminado el tratamiento, se secará la madera durante una semana, antes de ponerla en servicio.

Las sales hidrosolubles bien empleadas, envenenan la fuente alimenticia evitando así la propagación y crecimiento de los hongos xilófagos.

PROCESO DE IMPREGNACION

C
A
P
I
T
U
L
O

III

CAPITULO III**PROCESO DE IMPREGNACIÓN**

En la industria de la preservación de las maderas, desde el año 1840, los investigadores Kyan, Burnett, Boucherie y Bethell iniciaron estudios tendientes a proporcionar a las maderas un mayor número de años de vida en servicio. Posteriormente Ruping y Lowry patentaron sus procesos llegando a establecer métodos que todavía se encuentran en uso, aunque con algunas modificaciones.

Generalizando, se puede asentar que todos los métodos hasta hoy establecidos tienden a fijar en la madera sustancias que la protejan contra los agentes destructores de tipo vegetal, animal y atmosféricos. Siendo por esto que la **impregnación** puede definirse como **La operación de introducir dentro de la madera sustancias que la protejan contra los elementos dañinos que provocan su destrucción.**

III.1 SISTEMAS DE IMPREGNACIÓN

Los investigadores que trabajan en el campo de la conservación de la madera se ocupan tanto en idear nuevos y mejores métodos para inyectar tóxicos en la madera, como en descubrir nuevas sustancias de conservación. Siendo la madera de estructura porosa, podría esperarse que ésta fuera fácil de tratar, pero lo cierto es que ofrece gran resistencia a la penetración de los líquidos.

Muchas maderas se tratan eficazmente a costo moderado mediante los métodos actuales, pero ciertas especies son muy resistentes a la impregnación, incluso sometidas al mejor procedimiento moderno. Todavía no se han descubierto medios prácticos que garanticen una penetración profunda en todas las maderas con un costo razonable.

Los métodos de aplicación de preservadores son muy variados, éstos van desde los sencillos de tipo doméstico hasta los que requieren modernas plantas de impregnación.

En muchas ocasiones la selección del método depende del grado deseado de penetración y retención del preservador, expresado en kilogramos de preservador por metro cúbico de madera.

El grado de penetración y retención depende además del método de aplicación, de la anatomía y del contenido de humedad de la madera. De estos factores el único que no se puede controlar es la anatomía de la madera.

Estos métodos de conservación de la madera pueden clasificarse en dos Procedimientos:

SIN PRESIÓN Y CON PRESIÓN.

III.1.1 PROCESOS SIN PRESIÓN

Dentro de este primer proceso existen numerosos y variados procedimientos. De ellos los más conocidos; aplican los preservadores con brocha o aspersión (Osmosis), inmersión breve o prolongada, o por el baño caliente y frío, por mencionar algunos.

OSMOSIS

En este proceso se aplican los preservadores con brocha o aspersión en la parte exterior de la madera, penetrando por medio de una acción osmótica natural y adhiriéndose después a las paredes celulares.

Para la aplicación de este procedimiento se requiere que la madera se trate dentro de los 5 días después de cortarla; reponiéndola de la pérdida de humedad que hubiera sufrido. El periodo de tratamiento dura entre 30 y 90 días aproximadamente.

La penetración obtenida por estos tratamientos con aceites o soluciones acuosas es tan superficial, que sólo puede esperarse una protección muy limitada y condiciones favorables para la pudrición, la zona de madera tratada se cuartea fácilmente, y entonces la madera queda expuesta a la invasión de hongos y al ataque de los insectos. La cantidad de preservador por unidad de área de superficie es tan pequeña, que cuando la madera se expone a los elementos dañinos puede reducirse rápidamente la preservación por debajo del punto de eficiencia.

INMERSIÓN

Como su nombre lo indica, la madera necesita ser sumergida dentro de un tanque de tratamiento en el que el preservador puede estar puro o mezclado.

CAPITULO III

El tratamiento puede efectuarse en frío o en caliente y la duración del mismo depende del coeficiente de permeabilidad de la madera a tratar.

Generalmente es más cara que los métodos de brocha y aspersión, ya que se requiere más equipo y cantidades mayores de preservador.

Sin embargo llega a proporcionar una penetración más satisfactoria en las hendiduras y otras aberturas e implica un contacto más prolongado entre la madera y el preservador. No obstante, para uso en general, el grado de protección no es mucho mayor que el que se consigue con los tratamientos por Osmosis.

No se recomienda la inmersión para maderas que deban de estar sometidas a gran desgaste, pero se obtiene buenos resultados cuando la madera se emplea en condiciones no adversas.

Cuando se utilizan preservadores en soluciones oleosas se debe tener cuidado de que el aceite sea lo suficientemente fluido para que logre penetrar a la temperatura de tratamiento.

Para obtener mejores resultados la madera debe estar bien seca y además conservar caliente el aceite durante el periodo de tratamiento, pero esto aumenta el peligro de incendio o explosión, salvo si se tienen todas las precauciones y cuidados debidos, y no se recomienda la inmersión en frío ya que es más conveniente la inmersión en cálido, dada la viscosidad del aceite preservador.

BAÑO CALIENTE Y FRÍO

Se coloca la madera por tratar en recipiente abierto con el impregnante caliente durante 45 minutos. Se saca la madera y se sumerge en otro depósito con impregnante frío, como las traqueidas se abren por la acción del calor, con el baño frío se contraen, absorbiendo el impregnante.

CAPITULO III

III.1.2 PROCESOS CON PRESIÓN

Estos son los métodos que se utilizan para la aplicación de retardantes de fuego, insecticidas y fungicidas para maderas expuestas a un alto riesgo de deterioro. Estos procesos requieren autoclaves o cilindros de tratamiento capaces de resistir altas presiones positivas y negativas. Estos procedimientos tienen claras ventajas sobre los métodos sin presión. En la mayoría de los casos puede conseguirse una penetración más profunda y uniforme, y una mayor absorción del preservador, con lo cual se tiene una protección más eficaz. Además pueden regularse las condiciones de tratamiento, de modo que es posible variar la penetración y la retención para satisfacer las exigencias de servicio, con lo que se obtiene un empleo más económico del preservador.

Manipulaciones especiales o tratamientos preliminares dentro del cilindro hacen posible así mismo sazonar la madera verde y esterilizarla. Finalmente, los procedimientos a presión se adaptan a las producciones en gran escala de material tratado. Entre los inconvenientes que pueden citarse figura la cantidad y costo de la maquinaria. Aunque los diversos procedimientos a presión difieren en detalles, el método de manipulación del material es igual en todos los casos, todos estos métodos usados para inyectar preservadores a presión en la madera en cilindros cerrados, pueden dividirse en dos grupos principales, llamados: **Procesos de célula llena y de célula vacía.**

En el proceso de célula llena se trata de retener en la madera la mayor cantidad posible del líquido que se ha introducido en el período de presión, dejando así la máxima concentración de preservador en la zona tratada. En cambio, en el proceso de célula vacía se recupera parte del líquido inyectado a presión en la madera y así sólo recubrir las paredes celulares.

El procedimiento de célula llena es especialmente ventajoso cuando se requiere inyectar en la madera tanto preservador como pueda admitir. El método de célula vacía es adecuado cuando se desea conseguir una penetración lo más profunda posible, con una suficiente retención de líquido.

CAPITULO III

PROCESO DE CÉLULA LLENA

Después de introducir la madera al cilindro de tratamiento, comprende los siguientes pasos:

- oa.- Aplicación de un vacío inicial para extraer el aire de las traqueidas.
- ab.- Vacío sostenido.
- bc.- Abatimiento del vacío inicial.
- cd.- Introducción de la solución preservadora y presión de inyección hasta alcanzar 12.65 Kg/cm.
- de.- Mantener la presión de inyección constante.
- ef.- Eliminación de la presión.
- fg.- Extracción de la solución del cilindro.
- ghij - Aplicación del vacío final.

Ver gráfica No. 1 del proceso BETHELL.

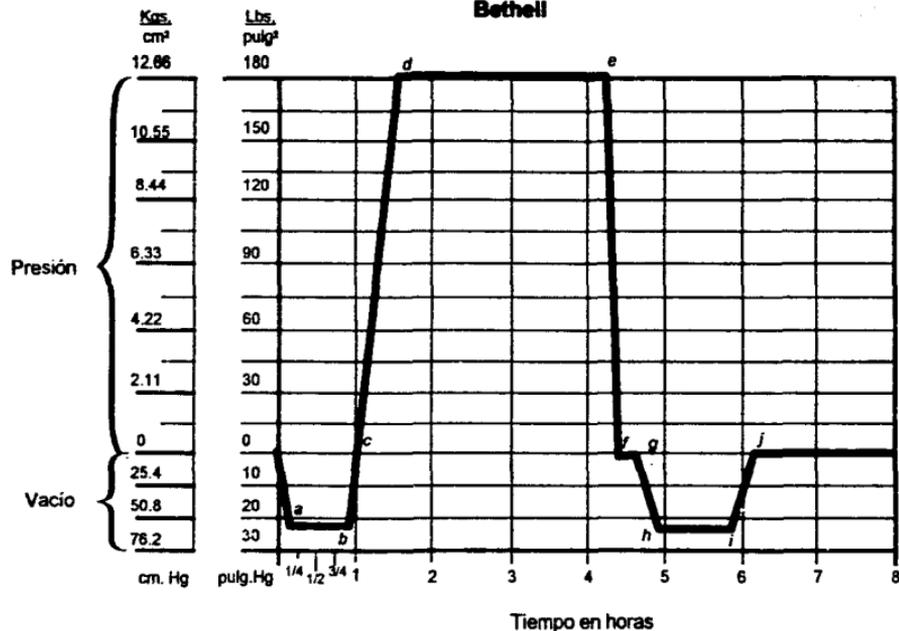
Este proceso se usa comúnmente para aplicar preservadores hidrosolubles y retardantes del fuego.

PROCESO DE CÉLULA VACÍA

Se usan principalmente dos métodos, el de Rueping y el de Lowry; ambos suelen limitarse al tratamiento de madera con creosota u otros aceites preservadores.

Para estos métodos se encuentra la aplicación de la impregnación en productos como: durmientes de ferrocarril, vigas, postes, tablonés, crucetas, madera de puente y muchas formas de maderas de construcción, de las cuales es deseable obtener buenas penetraciones.

Diagrama Presión Tiempo del Proceso Bethell



- | | |
|--|--|
| <i>0a</i> - Aplicación vacío inicial | <i>ef</i> - Abatimiento de la presión de inyección |
| <i>ab</i> - Sostenimiento del vacío inicial | <i>fg</i> - Vaciado del cilindro |
| <i>bc</i> - Abatimiento del vacío inicial | <i>gh</i> - Vacío final |
| <i>cd</i> - Llenado del cilindro | <i>hi</i> - Abatimiento del vacío hasta la presión atmosférica |
| <i>de</i> - Sostenimiento de la presión de inyección | |

CAPITULO III

PROCESO RUEPING**(célula vacía con aire inicial)**

Su característica principal es la aplicación de presión preliminar de aire a la madera, antes de inyectar el aceite preservador, para obtener buenos resultados la madera debe secarse al aire.

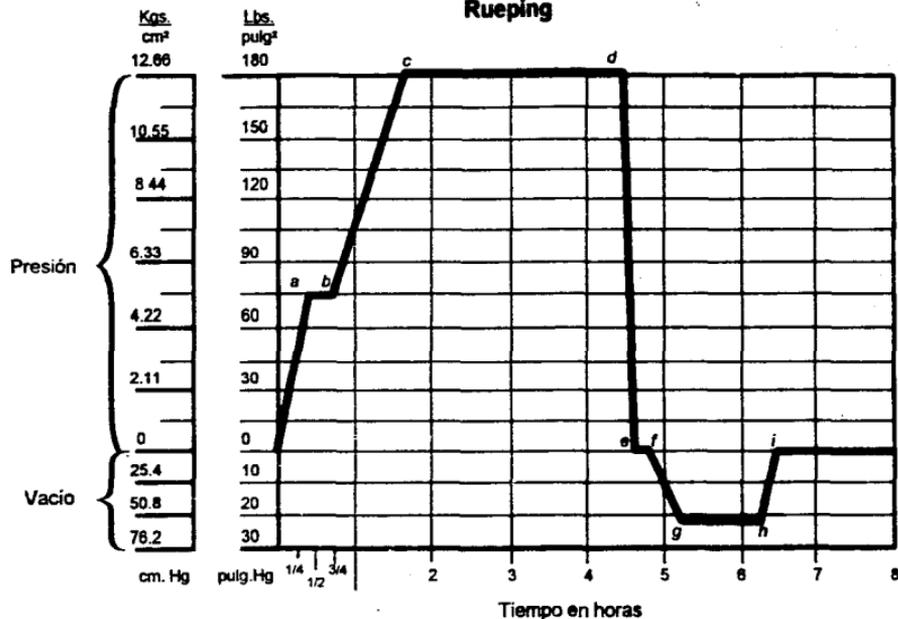
Los pasos que lleva este proceso son:

- oa.- Se inyecta aire en el cilindro de tratamiento hasta obtener una presión de 4.9 Kg/cm.
- ab.- Se llena el cilindro con preservador, así el aire inyectado queda aprisionado en la madera.
- bc.- Sin suspender la presión del aire inicial se alcanza la presión final 12.65 Kg/cm.
- cd.- Se hace penetrar el preservador dentro de la madera mediante presión constante hasta obtener la absorción deseada, comprimiendo todavía más el aire aprisionado en la madera.
- de.- Se abate la presión.
- ef.- Se vacía el cilindro del preservador sobrante.
- fghi.- Se somete la carga a un vacío final durante 30 minutos o más.

Ver gráfica No. 2 del proceso RUEPING

Tan pronto como se elimina la sobrepresión se expande el aire comprimido en la madera con ello se expulsa una cantidad considerable del preservador inyectado. El vacío final acelera la recuperación.

Diagrama Presión Tiempo del Proceso Rueping



- 0a - Aire inicial a presión
- ab - Llenado con preservativo
- bc - Presión de inyección
- cd - Mantenimiento de la presión de inyección
- de - Abatimiento de la presión

- ef - Vaciado del cilindro
- fg - Aplicación del vacío
- gh - Sostentamiento del vacío
- hi - Vacío hasta la presión normal

CAPITULO III

PROCESO LOWRY**(célula vacía sin aire inicial)**

Este método se emplea particularmente en los Ferrocarriles Nacionales por su sencillez y gran eficacia, para tratar la madera sazonada, consta de las siguientes fases:

Una vez colocada la carga dentro del cilindro, se cierran las puertas de éste, de manera hermética, abriéndose los serpentines para el calentamiento del preservador.

oa.- Llenar el cilindro con la mezcla impregnante caliente a una temperatura mínima de 85 °C. Esto se logra aprovechando que un tanque auxiliar llamado Tanque Over Heat o Precaentador esta elevado a mayor altura que el cilindro de tratamiento, el cual se llena por gravedad.

ab.- Inicio de la inyección por presión, valiéndose de una bomba accionada por vapor o eléctrica con la cual se bombea el preservante del tanque de trabajo al interior del cilindro caliente, hasta alcanzar la presión deseada.

bc.- Para inyectarle a la madera la cantidad de impregnante calculado, se mantiene la presión el tiempo necesario, hasta lograr la **ESTERILIZACIÓN** ó inyección calculada.

cd.- Logrado lo anterior se abate la presión.

de.- Se vacía el impregnante del cilindro al tanque de trabajo. Para facilitar este paso se utiliza un compresor de aire, por la parte superior del cilindro se inyecta aire a presión para que el impregnante salga por un ducto colocado en la parte baja del cilindro, controlado por válvulas.

efgh.- Para terminar; a la carga se le aplica un vacío que acaba por extraer el impregnante sobrante y ayudar a que la carga salga seca y sin escurrimiento, facilitando su manejo, evitando accidentes al personal estibador.

CAPITULO III

Ver gráfica No. 3 del proceso LOWRY

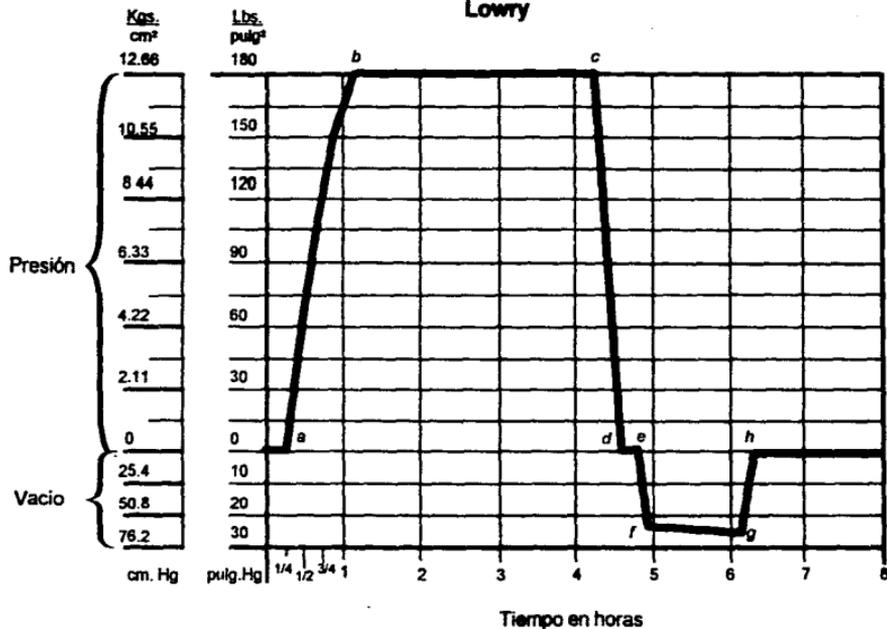
Antes de abrir las puertas, por medio de una sencilla operación en el manejo de bombas y válvulas, se drena el cilindro de la mezcla almacenada en el fondo, llevando el impregnante a un depósito llamado "dren", cuyo contenido se bombea posteriormente al tanque de trabajo. Hecho lo anterior se abren las puertas, se colocan unos rieles móviles y se saca la carga por medio de un malacate u otra maquinaria.

Después de analizar los diferentes procesos de impregnación se concluyó, que tratando la madera con un proceso a presión se obtienen productos mejor preservados, la calidad de los durmientes aumenta considerablemente en comparación con los otros métodos, ya que la retención y penetración del preservador es mayor en cantidad y profundidad por durmiente tratado; elevando su resistencia a los agentes que provocan su destrucción.

Pese al costo con el que se obtiene el producto terminado, y debido al equipo que se requiere, se justifica con los resultados obtenidos por el aumento en años de servicio.

Como se mencionó en el capítulo anterior se utilizará como preservadores la **Creosota** y el **Pentaclorofenol** ya que estos no se lixivian, ni son volátiles, lo que elimina toda posibilidad de contaminación del medio ambiente.

Diagrama Presión Tiempo del Proceso Lowry



- | | |
|--|--|
| <i>oa</i> - Llenado del cilindro | <i>ef</i> - Vacío final |
| <i>ab</i> - Presión de inyección | <i>fg</i> - Sostenimiento del vacío |
| <i>bc</i> - Sostenimiento de la presión de inyección | <i>gh</i> - Abatimiento del vacío hasta la presión atmosférica |
| <i>cd</i> - Abatimiento de la presión de inyección | |
| <i>de</i> - Vaciado del cilindro | |

**INGENIERIA BASICA PARA EL DESARROLLO DE UNA
PLANTA DE IMPREGNACION DE MADEROS**

C
A
P
I
T
U
L
O

IV

CAPITULO IV

**INGENIERÍA BÁSICA PARA EL DESARROLLO DE UNA PLANTA DE IMPREGNACIÓN DE
MADEROS**

El procedimiento empleado de conservación de la madera (en este caso para vías férreas) requiere de un pretratamiento para un mejor aprovechamiento del proceso de impregnación, utilizando los siguientes o sólo algunos de ellos.

- Descortezado
- Forma y tamaño
- Entallado y Barrenado
- Clasificación del material
- Contenido de humedad
- Secado al aire
- Secado en estufa

Los puntos mencionados son los más importantes para el fin que conlleva la preparación de la madera para FF.CC., siendo éstos los que se explicarán a continuación.

IV.1 PREPARACIÓN DE LA MADERA ANTES DEL TRATAMIENTO

DESCORTEZADO

Partiendo desde el punto de que la corteza es virtualmente impermeable, hay que eliminarla cuando se proceda a preparar la madera en rollo para el tratamiento.

La corteza ha sido definida como perjudicial, porque en un estudio se observó que retrasa el secado de la madera, alberga insectos y favorece la pudrición; siendo estas condiciones las menos óptimas para la conservación de la madera.

Es por ello que al descortezar los troncos, debe quitarse completamente hasta la fina corteza interior, pues ésta es inservible para los fines del proceso de impregnación.

FORMA Y TAMAÑO

La forma que tiene la madera cuando se somete a tratamiento ejerce una influencia notable sobre la facilidad con que puede lograrse una penetración y absorción satisfactorias.

Los pilotes, postes y otros maderos usados en forma redonda, y cuyo duramen esta encajado enteramente en una capa de albura, se impregnan más fácilmente aserrados o desbastados. En ocasiones los durmientes, madera de puente o de construcción, los cuales por el aserrado llegan a perder en algunas ocasiones la albura parcial o totalmente, y al meterse a tratamiento suelen tener caras de albura y duramen, circunstancia que complica el problema de lograr penetraciones y absorciones uniformes.

Cuando esto no se logra, el durmiente (en este caso) llega a tener una retención más baja, debido a la presencia de un volumen mayor de duramen que de albura, siendo el primero como se dijo anteriormente, no impregnable.

CAPITULO IV

Aunque para estos casos la esterilización de la madera con temperatura, compensa de una manera el déficit de impregnante en la misma quedando protegida de los hongos xilófagos que se hubieran alojado en su interior.

Otro factor que no siempre se tiene en cuenta, es que debe haber cierta relación entre las retenciones especificadas para un tratamiento determinado y las dimensiones de la madera que ha de impregnarse, con demasiada frecuencia este factor no se toma en consideración, y las retenciones especificadas son las que suelen emplearse para durmientes de ferrocarril, existen a veces claras limitaciones cuando se aplican sin tener en cuenta la variedad de madera de dimensiones diferentes que se manejan en FF.CC. para su tratamiento.

Lo ideal sería, si se pudiera penetrar en toda la madera, que las retenciones basadas en el volumen del madero fueran comparables, independientemente del tamaño de las piezas en cuestión. Sin embargo esto no es posible debido a la estructura misma de la madera, en donde la cantidad de duramen es diferente en cada pieza, por ello suelen resultar variaciones considerables en la profundidad de penetración, cuando elementos de longitudes distintas y dimensiones diversas de sección transversal reciba la misma retención de preservadores por metro cúbico de madera.

Se tiene que reconocer la necesidad y el cuidado que debe tener el responsable del tratamiento preservador en cada planta, de considerar las dimensiones de las piezas en cada carga, para estipular las retenciones mínimas de los distintos tamaños de madera y las diversas condiciones de servicio.

No se formarán cargas mixtas, es decir, mezclar madera de pino con maderas duras o corrientes tropicales.

La forma y tamaño de las piezas de madera es también importante desde el punto de vista de la Ingeniería Civil en las vías férreas y en el proceso de preservación.

CAPITULO IV

En el primero se deben seguir rigurosas especificaciones del diseño con el que fueron establecidas las líneas ferroviarias; y en el segundo porque al tener la cubicación de la madera, esto auxilia para calcular la cantidad de mezcla impregnante que se utilizará en una carga dada de madera, así como también cuando se necesita saber la cantidad de agua por extraer de la madera en su proceso de secado, en el cálculo de retención y otras operaciones que surgen en el campo de trabajo.

Para FF.CC. ha tomado un carácter legal y común el manejar los pie tablón y los metros cúbicos en la madera.

CUBICACION DE LA MADERA

Una forma de cubicación no es más que obtener el volumen de la madera por piezas, y si se requiere, obtener el volumen total de un conjunto, dando un resultado en metros cúbicos.

Para esto es necesario conocer las fórmulas de volumen de algunas figuras geométricas, que se caracterizan con las piezas que se manejan comúnmente en estos ferrocarriles.

Trabajaremos también ampliamente las tablas de conversión de unidades, las cuales se mostrarán en el apéndice.

FIGURA

RECTANGULAR.- Es el área de la base del cuadro por su largo. Siendo A y B las medidas de los lados del cuadro y C el largo o altura del mismo.

$$V = A * B * C$$

CILINDRO.- El volumen del cilindro es igual al producto de la superficie del círculo de base por la altura. Si R es el radio, D el diámetro, H es la altura del cilindro, entonces:

CAPITULO IV

$$V = \pi \cdot R^2 \cdot H \quad \text{ó} \quad V = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot H}{4}$$

CONO.- El volumen del cono se obtiene multiplicando la superficie del círculo de base por el tercio de la altura:

$$V = \frac{\pi \cdot R^2 \cdot H}{3} \quad \text{ó} \quad V = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot H}{12}$$

TRONCO DE CONO.- Es lo que queda cuando se quita la parte superior de un cono por un plano paralelo a la base.

Entonces el tronco de cono tiene dos círculos desiguales por bases y por altura la perpendicular a las dos bases.

Su volumen se obtiene multiplicando el tercio de la altura por π , después por una suma compuesta del cuadrado del radio R de la base grande, del cuadrado del radio de la base pequeña y el producto de estos dos radios:

$$V = \frac{\pi \cdot H}{3} (R^2 + r^2 + Rr)$$

CAPITULO IV

$$V = \frac{H}{12} (D^2 + d^2 + Dd)$$

ENTALLADO Y BARRENADO

Para durmientes de ferrocarril, en la superficie de la cara superior más ancha suelen entallarse y barrenarse. La finalidad de este entallado y barrenado es para obtener superficies preparadas para asentar los accesorios con que se fijarán los rieles. En algunos casos son placas de asiento metálicas cuando se trata de vía clásica y grapillas con pernos para la forma de vía elástica.

Con lo anterior los accesorios podrán fijarse perfectamente al durmiente, y no habrá desplazamiento del riel cuando exista alguna carga en movimiento.

Esta operación de entallado y barrenado debe efectuarse antes de tratar la madera, para que el preservador se introduzca en los agujeros del barrenado y penetre en la madera que los rodea, obteniéndose así una protección mayor en la zona de base del riel, que es la zona más vulnerable del durmiente.

El entallado y barrenado tiene una función muy importante, pues de ello depende la seguridad de la fijación del riel y por consiguiente la seguridad de la vía misma para evitar accidentes al paso del tren.

Las entalladoras y barrenadoras son las maquinarias con las que se hace este trabajo.

Pueden ser fijas o móviles, además de ser fáciles de manejar.

CAPITULO IV

CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL

Esta clasificación indica claramente la conveniencia de poner en una carga de tratamiento, solamente maderas que tengan la misma facilidad aproximada de impregnación.

Dicho de otra manera, los trozos que se impregnan fácilmente tenderán a recibir mucho más que la cantidad media del preservador especificado por metro cúbico de madera; en cambio, las piezas refractarias recibirán menos.

Con los productos como durmientes de ferrocarril, es aún más necesario agrupar las piezas antes de su tratamiento.

En FF.CC. se separan en dos clases de madera; la de pino y la madera de corriente tropical, las cuales tienen diferentes durezas y resistencias a la impregnación.

La madera de pino puede recibir gran cantidad de mezcla impregnante, mientras que la corriente tropical o dura es difícil que aún con métodos de impregnación a presión penetre bien la mezcla preservadora.

Esto se debe a sus diferentes densidades en la estructura de la madera, como ya se dio a conocer anteriormente.

También se debe llevar un control minucioso de la fecha de entrada de la madera que se va recibiendo en el patio de sazonomiento de la planta de impregnación, y la condición de la madera en relación a su humedad.

Todo esto implica un mejor aprovechamiento de los impregnantes, reduciendo así, pérdidas de madera cruda.

CAPÍTULO IV

CONTENIDO DE HUMEDAD

La madera es un material higroscópico que tiende a absorber o perder agua según la humedad relativa del medio ambiente que la rodea. La variación del contenido de humedad con el tiempo es el factor que más influye en el comportamiento de la madera. Por una parte las propiedades mecánicas varían significativamente con el contenido de humedad; además de la influencia que tiene en la densidad de la madera. También debe mencionarse que la humedad afecta la durabilidad: Si el contenido es alto, sobre todo cuando es variable, la madera se vuelve susceptible al ataque de los hongos que producen podredumbre.

La madera recién cortada (dependiendo de la época en que se corte) puede tener contenidos de humedad de más de 200%, parte de la humedad se encuentra en los espacios intercelulares y parte en las paredes de las células. La primera suele designarse como **agua libre**. El agua libre es mantenida en posición por medio de fuerzas capilares, esta puede eliminarse con relativa facilidad mediante algún proceso de secado.

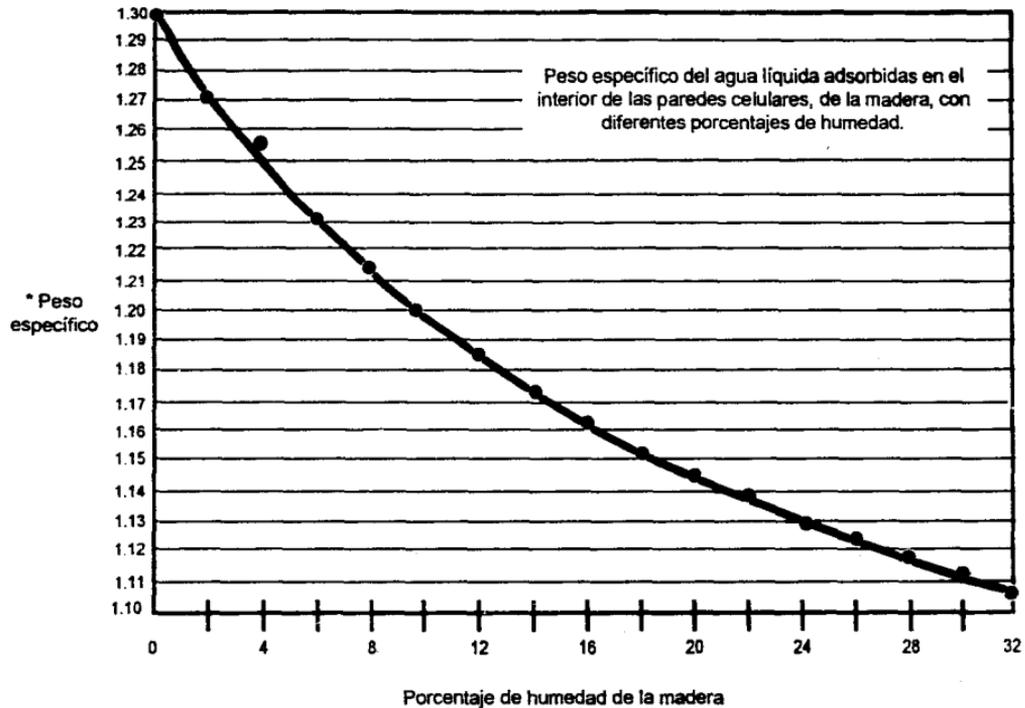
La humedad que se encuentra en las paredes de las células, o agua fija, esta sujeta a fuerzas a nivel molecular. Las moléculas de agua están ligadas a los grupos hidroxilos de las moléculas de la celulosa.

La energía requerida para eliminar el agua fija es mayor que la necesaria para extraer el agua libre, por lo tanto en un proceso de secado ésta se elimina primero.

El contenido de humedad correspondiente a una condición en que se ha eliminado el agua libre totalmente, mientras que las paredes de las células se encuentran saturadas, recibe el nombre de **punto de saturación de la fibra (PSF)**.

Se considera *verde* toda madera con un contenido igual o superior al PSF, que para la mayoría de las especies es del orden de 25 % de humedad que es cuando la madera debe tratarse.

Humedad de la Madera



CAPITULO IV

Es importante tener en cuenta que muchas de las características de la madera cambian apreciablemente cuando el contenido de la humedad es inferior al PSF, mientras que el volumen y la resistencia permanecen constantes para contenidos de humedad superiores al PSF, para contenidos de humedad menores, la resistencia y el módulo de elasticidad aumentan cuando el volumen disminuye.

El contenido de humedad de la madera, por debajo del PSF, es función de la temperatura y de la humedad relativa del ambiente, es decir, de la cantidad de vapor de agua en el aire expresada como un porcentaje de la cantidad total de vapor que puede contener la atmósfera en una condición de saturación. Así una madera seca absorberá humedad en un medio húmedo, mientras que una madera húmeda perderá humedad en un ambiente seco. En un medio en el que se mantienen constantes la temperatura y la humedad relativa, el contenido de humedad de la madera tiende a estabilizarse hasta alcanzar lo que se llama su **contenido de humedad en equilibrio (CHE)**.

SECADO AL AIRE LIBRE

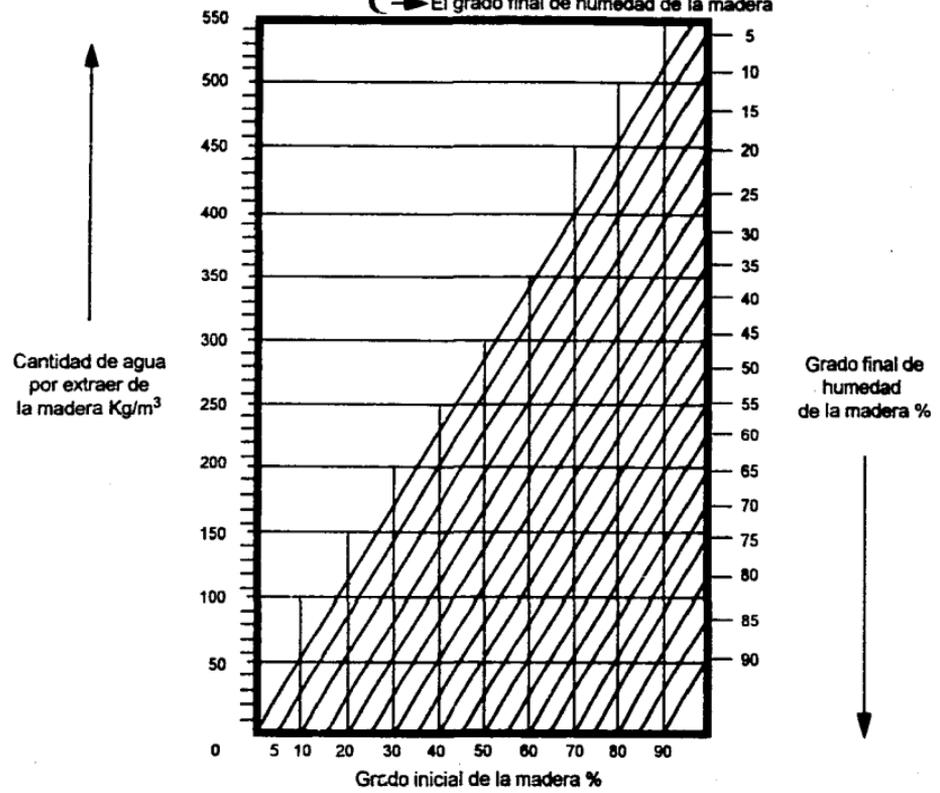
La ventaja principal del secado al aire sobre otros métodos es su bajo costo inicial, ya que la inversión es relativamente baja. Sus inconvenientes más importantes son el poco control que se tiene sobre los diversos factores que influyen en el proceso de secado, la dependencia del clima, sus variaciones diarias y el hecho de que la inversión en la madera deba permanecer inactiva durante considerable tiempo (4 a 6 meses).

En México el secado al aire libre es el método más usual, y los contenidos de humedad que se logran son, en la mayoría de los casos, las necesarias para la madera que será preservada para líneas ferroviarias.

En la mayoría de los métodos de tratamiento, la presencia de una cantidad considerable de agua libre en las cavidades de las células puede impedir la entrada del líquido preservador. Siendo necesario remover (extraer) esta humedad a un porcentaje óptimo.

Relación entre {

- ↓ El grado inicial de la madera
- ← La cantidad de agua por extraer
- El grado final de humedad de la madera



CAPITULO IV

Este porcentaje óptimo quedó establecido de acuerdo a pruebas que se han realizado en las Plantas de Impregnación de los Ferrocarriles Nacionales de México, quedando el 30% de contenido de humedad como máximo para que un durmiente pueda impregnarse obteniendo resultados óptimos.

Antes de otra cosa, se debe tomar en cuenta la clase de madera que se va a sazonar. Si se trata de durmientes duros, las tongas serán cerradas para retardar la pérdida de humedad, debida a su estructura celular. La diferencia en el apilamiento se deduce por la formación celular debido a que los pinos pierden su humedad por capilaridad ya que con la ayuda de los rayos solares y el viento, la humedad interior fluye en forma constante, evitando el agrietamiento excesivo, en cambio los durmientes duros, por su estructura tan cerrada, el sazonamiento se verifica por difusión, esto quiere decir, que con la acción de los rayos solares y el viento, la humedad contenida en la superficie de la madera se evapora con facilidad y por su cerrada estructura tarda mucho tiempo en ascender la humedad interior, provocando su agrietamiento y su posible colapso.

Para que los durmientes, maderas para caminos y puentes, etc. puedan sazonarse al aire libre en menor tiempo, es necesario contar con un terreno plano y parejo, bien drenado, libre de maleza y hierba, es decir, libre de obstáculos que impidan el paso del aire.

Se trazan las mesas de sazonamiento, colocando polines de madera tratada, de concreto o rieles para apoyar la madera que estará colocada a no menos de 30 cm. del nivel del suelo, numerándolas para facilitar su localización.

Las tongas estarán formadas en dirección a los vientos dominantes y el número de ellas variará de acuerdo con la capacidad de almacenamiento de cada planta de impregnación.

CAPITULO IV

SECADO EN ESTUFA

El secado en estufa tiene la ventaja de reducir el espacio en volumen de madera que ha de tenerse almacenada y evitar además el peligro de pudrición que puede producirse durante el tiempo que permanece almacenada la madera dispuesta para secarse al aire.

Algunas de las experiencias con este pretratamiento es que ayuda a que las penetraciones y retenciones sean satisfactorias.

Sin embargo, el método no se ha hecho general, a causa probablemente, de las grandes inversiones que se requieren para la instalación de las estufas necesarias para mantener una instalación de creosota abastecida con madera seca.

Los tamaños de estas estufas varían en relación a la demanda de madera que se requiere seca para su posterior tratamiento.

Se requiere más de estas estufas en lugares cuyo contenido de humedad en el medio ambiente es muy alto, en donde la madera tendería a absorber humedad en vez de desalojarla y probablemente no se llegaría a tener madera seca en patio de sazónamiento.

El tiempo que se observa para obtener un secado en estufa desde el estado verde hasta el contenido de humedad apropiado para creosotar la madera, está determinado por el tamaño del lote de madera, la especie y el diámetro de la estufa, así como de la temperatura que se utilice en ella. Esto debe tomarse muy en cuenta, ya que al tratar de acelerar el secado aumentando demasiado la temperatura, podría haber colapsos en la madera o quemar sus superficies haciéndolas inservibles para un tratamiento posterior.

CAPITULO IV

Por último tenemos una opción más de secado, ésta es la de calentar la madera en el autoclave o cilindro de tratamiento, lo anterior es para que se alcance el punto de ebullición del agua que se encuentra en el interior de la madera y extraerla por medio de vacío.

La gráfica No. 5 muestra los diferentes puntos de ebullición del agua con respecto al vacío que se empleé.

IV.2 INSTALACIONES NECESARIAS PARA EL TRATAMIENTO A PRESIÓN

Una planta con instalaciones de tratamiento a presión puede dividirse funcionalmente en las siguientes partes:

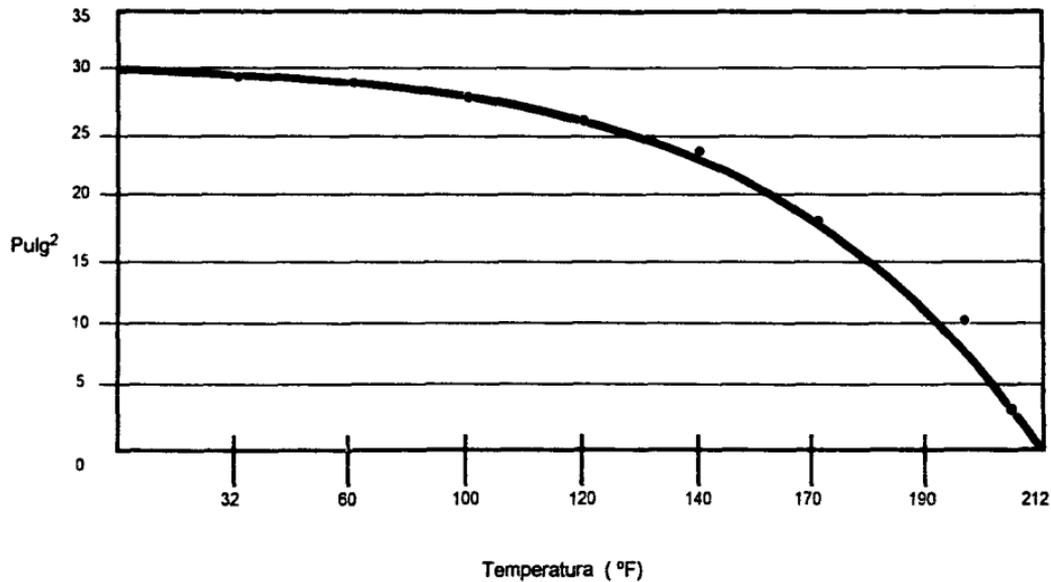
- Almacenamiento de materias primas y productos terminados.
- Generación de energía.
- Equipo de impregnación.
- Laboratorio y edificios.
- Taller de mantenimiento.

Todo esto en relación al diseño y operación de la planta.

IV.2.1 ALMACENAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTOS TERMINADOS

Se requiere del patio de secado para maderas crudas, y de los tanques de almacenamiento para los preservadores, solventes oleosos, combustibles y agua.

Puntos de Ebullición del Agua Bajo Diferentes Intensidades de Vacío



CAPITULO IV

Patio de secado.- Su superficie depende de la capacidad de producción de la planta, del abastecimiento de madera, del equipo para efectuar el entongamiento (hombres o máquinas) y de las características climatológicas del lugar.

El entongamiento debe efectuarse de acuerdo al apilado que proporcione menos rajaduras a los durmientes de las diferentes especies.

Las plantas impregnadoras propiedad de Ferrocarriles cuentan con una completa red de vías, debido a que era necesario para el propósito que fueron diseñadas, la cual consistía en auto abastecer a FF.CC. en la demanda de madera impregnada para conservación de vías y rehabilitaciones de 26,434.5 kms de línea ferroviaria, es por ello que cuentan con grandes patios de almacenamiento y áreas de sazonado, además de que eran únicas en su tipo.

En la actualidad esto ya no es necesario, ya que existen más proveedores particulares con plantas de impregnación de maderas. Para el abastecimiento de la madera ya no sólo es con las plantas de FNM, sino que se divide el total del volumen de madera entre todas las impregnadoras localizadas en el interior de la República Mexicana y en un futuro no muy lejano se tenderá a competir con calidad ante un mercado internacional.

Tanques de almacenamiento.- Estos son muy usuales en las instalaciones que tratan la madera con aceites preservadores o mezclas oleosas. Son de gran tamaño, ya que así permiten hacer economías mediante la compra de aceite por grandes cantidades, y constituyen además un depósito de reserva en caso de que se retrasen los embarques.

Tanques receptores.- Los tanques receptores, o de descarga, se destinan ordinariamente para las instalaciones que reciben los aceites preservadores por ferrocarril. Están situados bajo tierra, en una vía accesoria, así el preservador y solventes oleosos pasan directamente a estos tanques de descarga desde el vagón cisterna.

CAPITULO IV

Aparatos complementarios.- Se necesitan también montacargas, malacates o locomotoras de patio, tracamobil, grúas, vagonetas provistas de cojinetes de rodillos (carritos retorteros), báscula, máquinas de escuadrar, máquinas de entallado y barrenado, estufas de secar y demás accesorios.

Según el tamaño de la instalación y el carácter del tratamiento, se necesita un número mayor o menor de aparatos, además de lo descrito anteriormente.

Protección contra incendios.- El gran volumen de madera que suele haber en el patio de almacenamiento y secado constituye un indiscutible riesgo de incendio. Es necesario colocar en puntos estratégicos bocas de riego y mangueras, mantener dispuestos los caminos para que se facilite un rápido acceso a todos los puntos, en caso de siniestro.

IV.2.2 GENERACIÓN DE ENERGÍA

Es la base principal para que se lleve a cabo cualquier tipo de proceso, debido a que es la energía en movimiento la que produce la fuerza para la transformación de la materia.

Sala de calderas.- Es necesaria una sala de calderas que proporcione vapor a los serpentines para calentar las mezclas preservadoras, poner en funcionamiento algunos equipos y otros fines. Las instalaciones para el proceso de tratamiento a presión requieren de un suministro propio de vapor.

Suministro de electricidad.- Se necesita este fluido para el alumbrado y los motores. Se emplean en gran extensión: motores eléctricos para poner en movimiento bombas, compresores, máquinas de trabajar madera y otros aparatos.

IV.2.3 EQUIPO DE IMPREGNACIÓN.

El arreglo de cada uno de ellos dependerá del diseño de la planta de acuerdo a su capacidad y condiciones de trabajo.

IV.2.3.A RETORTA O CILINDRO DE IMPREGNACIÓN.

Es un recipiente de forma cilíndrica, colocado en posición horizontal. Sus dimensiones pueden estar comprendidas entre los 10 y 35 mts. de longitud y 1.50 a 3.0 mts. de diámetro. Su diseño debe de estar basado en que será capaz de resistir presiones hasta de 250 libras por pulgada cuadrada (18.00 Kg/cm^2).

Su nivel con relación al piso debe ser tal que los rieles interiores que recorren toda su longitud por la parte inferior, queden al mismo nivel que la vía de carga, de manera que dejando una fosa en su extremo pueda colocarse un pequeño puente que facilite el paso de los carritos cargados de durmientes.

Posee un sistema de calentamiento calculado para sostener la temperatura de trabajo, en la mezcla preservadora, durante el tiempo que dure el proceso

Puede tener una o dos puertas, cuyo cierre se puede hacer por medio de tornillos o un sistema automático de presión. Para el sello del cierre se utiliza un empaque

La tubería de aceite (para la carga de la mezcla impregnante), siempre debe conectarse a la retorta por su parte inferior y la tubería de vacío y aire por el domo

Hay que tener presente las conexiones de la línea de presión (aire comprimido) y la de los aparatos que nos indican la temperatura, presión y vacío

CAPITULO IV

IV.2.3.B PRECALENTADOR.

Es un cilindro horizontal colocado en la parte superior de la retorta. Su función es calentar el preservador hasta la temperatura de trabajo. Por ello, su interior contiene un serpentín con una superficie de calentamiento capaz de elevar la temperatura de la carga preservadora desde la temperatura ambiente hasta 100 °C, en un corto tiempo.

Su capacidad depende de la del cilindro de impregnación (40% de la capacidad del autoclave).

Las tuberías que deben localizarse en el precalentador son: la de aceite, la de aire comprimido y las conexiones de los aparatos que nos indiquen la temperatura y presión (termómetros y manómetros).

La presión que debe resistir no excede de 100 lbs/pulg² (7.0 Kg/cm²).

IV.2.3.C TANQUE DE TRABAJO.

Es un cilindro vertical que nos sirve para determinar, en cualquier momento, la cantidad de mezcla preservante que ha sido introducida a la carga de madera y se sujete a la impregnación dentro de la retorta.

Su capacidad está en función de la del cilindro de impregnación y debe considerarse la máxima cantidad de preservador que requieran algunos procesos específicos

En este recipiente también deben localizarse todas las tuberías al igual que los anteriores.

Una recomendación sería darle una capacidad a este tanque de 50.0 m³ para que dure una semana, de lunes a viernes y preparar nueva mezcla los sábados

IV.2.3.D CONDENSADOR.

Puede ser de Superficie o Barométrico. Su uso tiene por objeto dar comunicación atmosférica a la retorta y al Precalentador. El condensado se recoge en una fosa.

IV.2.3.E TANQUE DE MEZCLA

Es un tanque al cual se le hace llegar por gravedad o bombeo los componentes oleosos de la mezcla preservadora, llevándose a cabo aquí la dosificación del aceite preservador o el preservador con su solvente oleoso.

La agitación para homogeneizar la mezcla se efectúa con aire comprimido. Posee también un serpentín de calentamiento para bajar la viscosidad de la mezcla.

Las tuberías que deben localizarse, son igual a las que llevan los equipos ya especificados.

IV.2.4 LABORATORIO, OFICINAS Y EDIFICIOS.

Todos estos completan lo que se refiere a las instalaciones necesarias para el tratamiento preservador de las maderas y al término de este tema se incluirá el diagrama de flujo del proceso a presión.

Laboratorio.

Este es un notable servicio y requisito fundamental tanto para los impregnadores como para los compradores, en donde los indicados podrán analizar los preservadores, el contenido de humedad de la madera en cuestión, así como su retención.

CAPITULO IV

El laboratorio debe tener como mínimo todos los productos químicos que se utilizan en la preservación de la madera, los aparatos necesarios para verificar los análisis de los preservadores empleados, contadores eléctricos de humedad, etc., para poder llevar a cabo el control de calidad de la producción.

A todo esto no estaría de más tener una pequeña y completa instalación experimental de tratamiento en el laboratorio (PLANTA PILOTO).

Edificios y Oficinas.

Los cilindros de tratamiento deben encontrarse bajo cubierto, o al menos en parte, siendo necesario esto para proteger la maquinaria y a los trabajadores

Todas las demás máquinas fijas deben encontrarse también bajo techado.

Las oficinas servirán para llevar el control administrativo y contable de la planta y de sus obreros.

Se instalará una oficina principal para el encargado de la planta y otra para primeros auxilios.

Es muy indispensable contar con un taller de mantenimiento completo.

IV.3 BASES DE DISEÑO PARA UNA PLANTA PILOTO

Función de la Planta

Obtener maderos tratados para su preservación para su uso en vías férreas (durmientes) con mezclas oleosolubles (creosota) mediante un proceso de impregnación a presión.

Factor de Servicio

La planta operará 30 días por un bimestre.

Capacidad

Cap. Diseño = 360 pzas. de durmientes por mes.

1 pza. = 1 durmiente

CÁLCULOS

1.- Dimensiones del durmiente más usado por FFCC

7 in * 8 in * 8 ft

2.- Muestra a tratar por impregnación

seis piezas

3.- Equipo principal

- Autoclave (Retorta), con chaqueta para calentamiento.
- Tanque de mezcla
- Caldera
- Tanques de almacenamiento

CAPITULO IV

4.- Volumen de la Retorta

Se hacen dos hileras (camas) de tres durmientes cada una

$$V = 3 (7 \text{ in}) * 2 (8 \text{ in}) * 8 \text{ ft} = 32,256 \text{ in}^3 = 0.528 \text{ m}^3$$

Considerando un sobrediseño de un 10% en el volumen, así como un espacio para que entre el carro de carga para los durmientes, queda:

$$V = 3 (9 \text{ in}) * 2 (13 \text{ in}) * 8 \frac{1}{2} \text{ ft} = 71,604 \text{ in}^3 = 1.173 \text{ m}^3$$

5.- Tanque de Mezcla con chaqueta para calentamiento

Deberá tener un volumen mayor al del autoclave, considerando la cantidad de impregnante que absorberán los durmientes, dando un el volumen de

$$V = 1,500 \text{ m}^3$$

6.- Caldera**6.1 Para calentar el Tanque de Mezcla,**

$$Q = m \text{ cp } (t_2 - t_1) = 3,300 \text{ lb} * 1 \text{ btu} / \text{lb}^\circ\text{F} * (194 - 77) = 386,100 \text{ btu} / \text{hr}$$

6.2 Para calentar el Tanque Fungicida,

$$Q = m \text{ cp } (t_2 - t_1) = 3,960 \text{ lb} * 1 \text{ btu} / \text{lb}^\circ\text{F} * (194 - 77) = 463,320 \text{ btu} / \text{hr}$$

Los datos de la masa, diferencias de temperatura para la mezcla como del fungicida se obtuvieron del proveedor y del proceso respectivamente.

CAPITULO IV

6.3 Para calentar el Tanque de productos contra intemperie;

$$Q = mcp(t_2 - t_1) = 3,960 \text{ lb} * 1 \text{ btu} / \text{lb}^\circ\text{F} * (194 - 77) = 463, 320 \text{ btu} / \text{hr}$$

Por lo tanto se requiere de una caldera de 1'312,740 btu / hr, comercialmente se encuentran calderas de 1'500,000 btu / hr.

7.- Tanques de almacenamiento de impregnantes y combustible

Se tendrá materia prima para 15 días de operación, en promedio se inyectara 20 lts. de impregnante a cada pza.

7.1 Tanque de almacenamiento de fungicida con chaqueta;

$$V = (20 \text{ lts} / \text{pza}) * (6 \text{ pzas}) * (15 \text{ días}) = 1,800 \text{ lts}$$

7.2 Tanque de almacenamiento de productos contra intemperie con chaqueta;

$$V = (20 \text{ lts} / \text{pza}) * (6 \text{ pzas}) * (15 \text{ días}) = 1,800 \text{ lts}$$

7.3 Tanque de almacenamiento de solvente,

$$V = (20 \text{ lts} / \text{pza}) * (6 \text{ pzas}) * (15 \text{ días}) = 1,800 \text{ lts}$$

7.4 Tanque de almacenamiento de combustible (de acuerdo a datos del fabricante de la caldera, esta consume 30 galones por hora),

$$30 \text{ GPH} = (113.5 \text{ lts} / \text{hr}) * (8 \text{ hrs}) * (15 \text{ días}) * 1.1 = 14,982 \text{ lts}$$

CAPITULO IV

7.5 Tanque de almacenamiento de agua con 15% de purgas en caldera, un sobrediseño de un 10%, para 15 días de operación;

$$Q = mcp(t_2 - t_1) + m\lambda$$

$$m = Q / cp(t_2 - t_1) + \lambda$$

$$m = (1'500,000 \text{ btu / hr}) / ((1 \text{ btu / lb}^{\circ}\text{F}) * (194 - 77^{\circ}\text{F}) + (475 \text{ btu / lb})) = 2,533.78$$

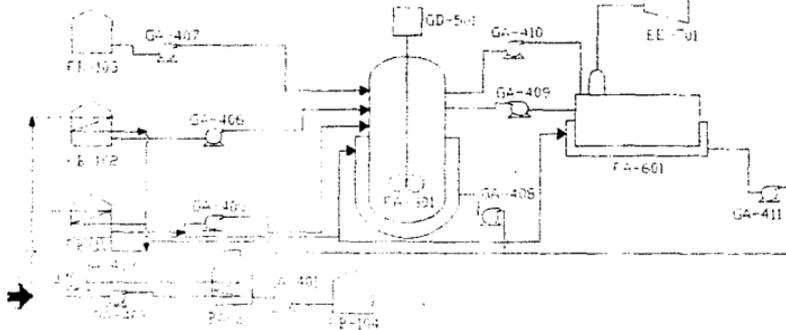
$$m = 2,533.78 * 0.15 = 380$$

$$m = 380 * 15 * 1.1 = 6,271 \text{ lts.}$$

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO

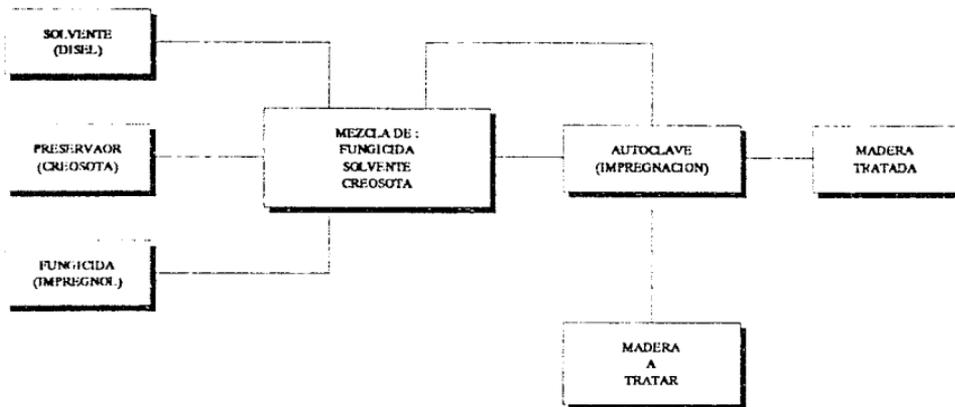
77

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO



- EE-101 INYECTOR
- GD-501 AGITADOR DE PERIFERA
- GA-401 402 403 404 405 411 BOMBA DE AGUA
- GA-406 407 408 409 410 BOMBA DE FERTILIZANTE
- FA-601 TANQUE DE ALMACENAMIENTO CON SERVO MOTOR
- FB-101 TANQUE DE ALMACENAMIENTO CON SERVO MOTOR
- FB-102 TANQUE DE ALMACENAMIENTO FERTILIZANTE (IMPREGNADO)
- FB-103 TANQUE DE ALMACENAMIENTO FERTILIZANTE
- FA-201 CALDERA
- FA-201 TANQUE DE MEZCLA

PROCESO DE IMPREGNACION DE MADERA DIAGRAMA DE BLOQUES



C
O
N
C
L
U
S
I
O
E
S
Y

R
E
C
C
O
M
E
N
D
A
C
I
O
N
E
S

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los preservadores oleosos elegidos en el tratamiento preservador a presión, son los óptimos para los maderos que se pondrán en servicio en vías férreas, teniendo en cuenta que los preservadores en mezclas oleosolubles proporcionan una mayor flexibilidad en la madera que viene a ser proporcional a su resistencia mecánica

El acabado no es pintable, pero para los fines del producto en condiciones de trabajo, el terminado resulta mejor, ya que la madera además de preservarla, la impermeabiliza, y recubriéndola podrá soportar en un alto grado la intemperie

Tratando la madera con un proceso a presión se obtienen productos mejor preservados, la calidad de los durmientes aumenta considerablemente en comparación con los otros métodos sin presión, ya que la retención y penetración del preservador es mayor en cantidad y profundidad por durmiente tratado; elevando su resistencia a los agentes que provocan su destrucción. Pese al mayor costo con el que se obtiene el producto terminado, debido al equipo que se requiere, se justifica con los resultados obtenidos representado por el aumento en años de servicio.

Más aún, estos dos preservantes (**Creosota y Pentaclorofenol**), no se lixivian, ni son volátiles, lo que elimina toda posibilidad de contaminación del ambiente. En capítulos anteriores quedó establecido que para el desarrollo de los hongos **xilófagos** existen algunas condiciones favorables a su desarrollo; pero con el tratamiento preservador oleosoluble a presión éstas pueden eliminarse, y con esto destruir o inhibir a los organismos destructores.

LA EXISTENCIA DE ALIMENTO ADECUADO:

Este se elimina, debido a que la **Creosota** y el **Pentaclorofenol** contienen sustancias tóxicas a los organismos destructores, penetrando en concentraciones mínimas a la estructura celular de la madera, siendo así como se envenena el alimento de los hongos e insectos **xilófagos**.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

EL GRADO SUFICIENTE DE HUMEDAD.

Que se establece arriba del designado como Punto de Saturación de la Fibra (PSF) se reduce con el secado que se elija según las condiciones ambientales en la localización de la planta, debiendo quedar el contenido de humedad después del secado, por debajo del PSF, o sea menor del 30%. Sólo así las cavidades celulares quedan exentas de la humedad que utilizarían estos organismos para seguir con su desarrollo.

Además de que al bajar el contenido de humedad en la madera se obtienen mejores resultados en la retención y penetración de la mezcla preservadora, esto es claro, ya que dos volúmenes no pueden ocupar un mismo lugar en el espacio.

Otro punto importante que se mencionó, es que los aceites, las mezclas de creosota y los preservadores oleosolubles, al ser inyectados a presión en la madera no atraviesan las paredes de las células de ésta, sino que pasan de una célula a otra por los poros de comunicación. (Ver capítulo I).

Pudiéndose impedir la circulación del interior de la madera mediante la aplicación de la mezcla oleosa por inyección a presión que tienda a solidificarse y posteriormente obstruya los poros celulares, taponando y evitando así el paso del aire.

También la TEMPERATURA es una condición favorable que puede alcanzar amplios límites, siendo el intervalo más óptimo para el desarrollo de los diferentes hongos xilófagos de 25 a 35 °C.

El tratamiento de los durmientes de madera tiene por objeto, evitar el ataque de los insectos y hongos, y esto se logra, además de impregnarlos, ESTERILIZANDOLOS, es decir, eliminar totalmente la posibilidad de vida de los hongos xilófagos en el interior de la madera.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Tiempo atrás se tenía la idea de que con la sola impregnación se evitaba el ataque de los insectos y de los hongos, dándoles a las maderas por tratar una retención fija para equilibrar la acción biológica con la mecánica, pero se vió que después de cierto tiempo, aunque aparentemente se encontraban los durmientes sanos, interiormente estaban desechos por la acción de los hongos

Esto demuestra que la sola impregnación no basta para preservar a los durmientes, para ello es necesario matar a los hongos a base de temperatura y manteniéndola por un tiempo determinado fijo.

Es por eso que se hace de vital importancia la esterilización de la madera. Debe tomarse en cuenta que los tiempos y grados de temperaturas variarán de acuerdo a las dimensiones y tipo de madera empleada.

En el proceso a presión de celdilla vacía para tratar durmientes, se incluye un tiempo de inyección 3 hrs 30 minutos y una temperatura que va de 85 °C a 105 °C. Siendo este proceso el más óptimo ya que logra en menor tiempo la esterilización de la carga

Dentro de este estudio de la madera se pudieron definir claramente las ventajas y desventajas de la misma:

- Su tendencia a las variaciones volumétricas con los cambios de humedad en el ambiente y por ende su tendencia a los agrietamientos.
- El aumento progresivo con el tiempo de las deformaciones bajo carga permanente.
- El peligro de pudrición bajo la acción de determinados organismos vivos
- El peligro de incendio.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La anatomía de la madera diferente para cada especie lo que hace difícil de establecer una norma general de preservación de madera etc

Teniendo también claras ventajas con este tipo de material, por ejemplo:

-Una de las más importantes es su ligereza(poco peso por unidad de volumen), variando las llamadas duras tropicales de algunas variedades de pino, unas más pesadas que las otras.

-Y con la ventaja anterior implica costos de transporte y maniobras bajos

-Puede desarrollar una mayor fuerza de tensión o de compresión por unidad de peso.

-Capacidad para absorber energía y resistir impactos.

-Es un material biodegradable después de su vida útil.

-Alto poder de instalación térmica

-Es un material renovable, etc.

Después de un análisis, sin lugar a dudas los durmientes de madera siguen siendo un material que cubre las necesidades para satisfacer las demandas y condiciones de servicio de los Ferrocarriles Nacionales.

Y ahora con las técnicas de preservación de las maderas se puede conseguir que sus ventajas aumenten considerablemente Radicando aquí la importancia de aumentar la utilidad de la madera que se empleará en la vía férrea

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Contando con el tratamiento químico preservador óptimo, en el cual el Ingeniero Químico puede colaborar con intervenciones y aportaciones desde el estudio de factibilidad (técnico-económico) del producto, el desarrollo o descripción del proceso, hasta el arranque y operación de la planta, verificando su control de calidad.

Los sistemas de impregnación que resultaron los más óptimos para el tratamiento químico preservador de los durmientes de madera, son los procesos con presión, llamados de célula vacía.

Estos se emplean cuando se deseé profundidad en la penetración con retención de preservador suficiente.

Para obtener buenos resultados con los durmientes de madera sometidos a este proceso, se deben respetar los tiempos, presiones y temperaturas que se indican claramente en las gráficas que se anexan de cada sistema de impregnación. Ya que al no respetarse estos factores se obtendrían productos de muy baja calidad que se tendrían que reimpregnarse y esto sólo se puede realizar una sola vez, debido a que las condiciones a las que se somete la madera en cada carga, las cuales afectan su estructura o anatomía, de tal manera que después de la reimpregnación no soportaría otro tratamiento, quedando inservibles para el servicio que están destinados los durmientes, donde se encuentran sometidas a esfuerzos mecánicos y biológicos que no resistirían.

A todo esto la finalidad fundamental a que se conlleva, es aumentar la vida útil del material, en este caso los durmientes para vías férreas, evitando la necesidad de sustituciones frecuentes ya puesto en servicio (disminuyendo así los costos de mantenimiento de las vías), además del mejor aprovechamiento de los recursos forestales con que cuenta México y el empleo de especies de maderas estimadas como inferiores.

El tiempo de duración de una madera impregnada para el uso que se le destina en FNM es de 25 a 30 años.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El tiempo suficiente para que la materia prima pueda crecer y llegar al periodo de corte, dando así margen para que puedan ser reforestadas las áreas de abastecimiento, gran ventaja por ser una materia prima renovable y biodegradable al llegar al fin de su servicio.

R
E
F
E
R
E
N
C
I
A
S

REFERENCIAS

- Ing. Fernando Domínguez R
"Tratamiento de los durmientes de madera".
X Congreso Panamericano de FECC, Secc. A. vías estructuras y señales
Tomo I, Vol I, N° 2
Agosto, 1993.
P. 23 - 36

- Ing. Victor Díaz Gómez
Biol. Juana Huerta Crespo
"Uso de maderas tropicales"
Encuentro de experiencias en la utilización de maderas tropicales en México.
Tomo IV, Vol. 3, N° 2
Noviembre, 1983
P. 48 - 58

- Biol. Iatapi Pablo
"Programa: tecnología de la madera"
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias.
Tomo II, Vol I, N° 4
Enero - Septiembre, 1991
P. 62 - 100

- Hall R. Orlando
"Longevidación de maderas"
Longevidadora Científica de maderas S. De R. L. de C. V.
Tomo II, Vol II
Abril, 1993
P. 23 - 36

REFERENCIAS

- Notas Técnicas.

Ing. J.J. Erdoiza Sordo

Tratamiento por inmersión para preservar madera de pino y encinos a base de pentaclorofenol

Enero, 1989

Ing. J.J. Erdoiza Sordo

Tratamiento de madera de pino por los métodos de brocha, inmersión y aspersión

Marzo, 1991

- Ing. Francisco Robles Fernandez-Villegas

Ing. Ramón Echenique-Manrique

"Estructuras de maderas"

2ª edición

Mc Graw Hill,

México, 1992

P. 12 - 29

- Gilberto Méndez C.

Instructivo general para la operación de plantas de impregnación de maderas

5ª edición

Siglo XXI

México, 1982

P. 22 - 41

REFERENCIAS

- Fernando Domínguez R.
"Sistemas para la preservación de madera"
6ª edición
Mc Graw Hill
U.S.A. , 1938
P. 52 - 76, 133 - 199, 337 - 396

- George M. Hunt, George A. Garratt
"Preservación de la madera"
8ª edición
John Wiley and Sons Inc
Londres, 1931
P. 53 - 150

- Especificaciones de la A. R. E. A. (American Railway Engineering Association)
para el tratamiento de durmientes de madera
P. 89 - 101

- Normas y Especificaciones de la a w p a 1992.
(American Wood Preservers Association)
P. 28 - 42

- Especificaciones de los Ferrocarriles Nacionales de México para la recepción de durmientes de madera
crudos e impregnados
F.F.C.C.
P. 114 - 129

- Reglamento de conservación de vía y estructuras para los Ferrocarriles Mexicanos
F.F.C.C.

REFERENCIAS

- Jean Alías - Antonio Valdez.

"La vía del Ferrocarril"

1ª edición

Continental, S.A.

Madrid, España 1993.

P. 119 - 228

- Dr. Ing. Antonio De montes

"Conservación de maderas"

2ª edición

Madrid, 1990

Ministerio de Agricultura

Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias

P. 47 - 61

A
P
P
E
N
D
I
C
E

METODOLOGÍA PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MADERA

Una vez que se ha elegido el secado de la madera al aire libre estará bajo vigilancia constante.

Cuando la madera se recibe en el patio para su secado, se clasificará por su contenido de humedad y por su escuadría, formando con ellas mesas de sazonomiento que estén apoyadas sobre polines y en terraplenes libres de hiervas y bien ventiladas

Con las maderas de pino que contengan un alto porcentaje de humedad, se formaran mesas de sazonomiento en donde las piezas se entongaran en forma abierta y a favor del viento dominante, acomodando las piezas con una pendiente de tal forma que la humedad de la madera se pueda drenar por capilaridad.

En el caso de las maderas tropicales o encinos, las mesas de sazonomiento se acomodarán en tongas semicerradas y contra el viento dominante, con el fin de que su secado al aire, sea más gradual.

Modo práctico para vigilar el secado de la madera.

- Por su humedad al tacto
- Por su coloración
- Por su sonido al ser golpeado sus costados con un martillo de madera.
- Por la presencia de pequeñas grietas radiales en las cabezas y en los costados, paralelas al hilo de la fibra

APÉNDICE

Cuando a la madera se le calcule el contenido de humedad, se deberá cerciorar si es el óptimo antes de somerterla a tratamiento de impregnación. Para esto es necesario el siguiente equipo de trabajo.

- Hoja de registro.
- Tubos de ensayo.
- Brocas sacabocado (tipo Pressler o Matzon)
- Matraz de 250 ml.
- Trampa para destilación graduada.
- Condensador tipo rosario.
- Tubo látex para las conexiones.
- Mechero Bunsen para gas L.P. o parrilla calentadora.
- Balanza analítica de 500 grs. o balanza mecánica de precisión 0.1 g.
- Soporte con pinzas.
- Líneas de gas y agua
- Solución de Xilol o Tolueno

Toma de muestras:

Se traslada al patio de almacenamiento, y se elige el lote de madera que se ha de muestrear, preferentemente por la mañana evitando el calor del sol y las corrientes de aire

Con la broca Pressler se obtienen gusanillos de madera, los necesarios para poder efectuar la prueba de humedad en el laboratorio, en el cual estará el equipo dispuesto para llevarla a efecto.

APÉNDICE

PROCEDIMIENTO PARA LA PRUEBA DE HUMEDAD

- 1.- De los gusanillos muestreados se desecha 1/2" de la parte superior y se cortan a 5 cm de largo.
- 2.- Calculamos el volumen de la muestra
- 3.- Se pesa el matraz con las muestras de madera húmeda, previamente pesado el matraz vacío. Se hace la diferencia de pesos para obtener el de las muestras húmedas (W)
- 4.- Agregamos al matraz 125 ml de Xileno o Tolueno
- 5.- Instalado el equipo se somete a calentamiento
- 6.- El calentamiento se suspenderá cuando en la trampa la lectura permanezca constante durante 5 minutos.
- 7.- Al terminar el calentamiento se sacan las muestra del matraz, se colocan en una estufa o al aire libre para que el solvente se evapore
- 8.- Quedando las muestras secas se pesan (W) y se procede a hacer los cálculos.

CÁLCULOS DE LA PRUEBA

W_1 = peso n.uestras húmedas.

W_2 = peso muestras secas.

W_3 = peso del agua extraída

$$((W_1 - W_2) / W_2) * 100 = \% \text{ de humedad}$$

$$(W_3 / W_2) * 100 = \% \text{ de humedad}$$

APÉNDICE

METODOLOGÍA PARA LA PRUEBA DE RETENCIÓN Y PENETRACIÓN

La manera práctica de determinar la cantidad de penetración es eligiendo un lote de durmientes impregnados y con la broca sacabocado (Pressler) se obtienen gusanillos con una longitud de 2 1/2", la cual debe estar completamente impregnada, en caso de que varios gusanillos muestren partes sin impregnar, podría tratarse de alto contenido de humedad (indebidamente tratada) o de la presencia de duramen

Para determinar las causas se le aplican al gusanillo extraído, 2 gotas de CLORHIDRATO DE BENDICINA que coloreza de naranja la albura impregnada, y de rojo óxido el duramen

Si es por un alto contenido de humedad, EL LOTE SE RECHAZA, y se solicita que se someta a nuevo tratamiento. De no ser así, se elige otro durmiente, observando en la cabeza del mismo que la mayor cantidad de madera nuevamente extraída sea albura. Si se estima que la retención de mezcla en la madera no es la requerida EL LOTE SE RECHAZA.

Equipo necesario para la prueba de retención:

El equipo de laboratorio puede ser el mismo, sólo agregaremos el equipo Soxhlet, siendo el principal para la determinación de la cantidad de mezcla retenida.

PRUEBA DE LABORATORIO PARA DETERMINAR LA CANTIDAD DE MEZCLA RETENIDA EN LA MADERA

- 1.- Se calcula el volumen de la muestra y se pesa (V y M_1).
- 2.- Agregamos 125 ml de hexano al matraz, previamente pesado (P_2)
- 3.- Se colocan las muestras de madera bien sujetadas dentro del extractor.
- 4.- Instalado el equipo Soxhlet se somete a calentamiento.

APÉNDICE

- 5.- Al efectuarse los reciclados necesarios para el lavado de la madera por el arrastre de los componentes de la mezcla, estos quedan depositados en el matraz
- 6.- Cuando el reflujo del hexano pase limpio al matraz se suspende el calentamiento.
- 7.- La muestra se retira del extractor y se ponen en la estufa para volatilizarse los residuos del solvente.
- 8.- Una vez secada la muestra se pesa (M_2) Al efectuar las pesadas se tiene cuidado de hacerlo con una exactitud de una décima de gramo.
- 9.- El matraz del equipo Soxhlet se retira y se pone a calentar para evaporar el hexano. (Punto de Ebullición = 64 a 67 grados Centígrados)
- 10.- Cuando se encuentre libre de hexano, se pesa el matraz con el residuo de mezcla preservadora (M_3)

CÁLCULOS

$$Rt = \frac{M_1 - M_2 - M_3}{V} = \text{grs / cm}$$

**MÉTODO ANALÍTICO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE
PENTACLOROFENOL EN LAS MADERAS**

Este método tiene por objetivo determinar por procedimiento químico, la cantidad de **Pentaclorofenol** (retención) que se halla presente en los maderos, el principio de este método se fundamenta en la destrucción de la materia orgánica por el calentamiento y la absorción del ácido clorhídrico liberado en hidróxido de calcio. Es aplicable a muestras de madera no mayores de 2 g. de peso, conteniendo sólo entre 0.002 y 0.075 g de **pentaclorofenol**.

APÉNDICE

EQUIPO:

- a).- Crisoles de 100 cms cúbicos, profundos de hierro o de porcelana
- b).- Quemadores Fisher de alta temperatura.
- c).- Balanza de precisión analítica de 0.001 g. o balanza mecánica de precisión de 0.1 g.
- d).- Vasos de precipitados de 400 ml.
- e).- Buretas de 25 ml
- f).- Botellas de Pesado de 25 ml con gotero.
- g).- Frascos Volumétricos de 1000 ml.
- h).- Embudos de Buchner de 2 pig.

REACTIVOS:

Hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). - De grado analítico con menos de 0.005 % de cloruros.

Nitrato de potasio. - Grado analítico. Muélase KNO_3 en un mortero limpio de ágata o de porcelana hasta hacerlo pasar por la malla 30.

Ácido nítrico. - Concentrado libre de cloruros

Nitrato de plata. - Solución 0.1 (décimonormal).

Cómprese a una marca prestigiada o prepárese disolviendo 16.989 g. de AgNO_3 de alta pureza en agua destilada aforando a 1,000 ml. en frasco volumétrico.

Tiocianato de amonio. - Solución aproximadamente 0.1 N cómprese o prepárese disolviendo 7.61 g. de NH_4CNS grado reactivo en agua destilada y aforar a 1,000 ml. en frasco volumétrico. Esta solución debe regularizarse con la 0.1 N de AgNO_3 .

APÉNDICE

El NH_4CNS se regulariza como sigue:

Poniendo en un vaso limpio de precipitados de 400 ml, 15 ml. de solución 0.1 N de AgNO_3 , medidos en bureta de 25 ml. Diluyendo a aproximadamente 150 ml. se agregan 5 ml. de HNO_3 y 5 ml. de indicador de Volhard. Se titula al mismo punto final que se usa en una determinación de cloruro.

$$\text{Factor a 0.1N } \text{NH}_4\text{CNS} = \frac{\text{ml de 0.1N de } \text{AgNO}_3}{\text{ml de } \text{NH}_4\text{CNS}}$$

Sulfato doble de hierro y amonio (Indicador Volhard)

Se disuelven 10 g. de $\text{FeNH}_4(\text{SO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ grado reactivo y 10 ml. de HNO_3 concentrado en agua destilada para preparar 100 ml

Mezcla de hidróxido de calcio y nitrato de potasio. - Se mezclan 9 partes de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y 1 parte de KNO_3 en polvo

PROCEDIMIENTO:

- a) 10 gusanillos tomados con la broca sacabocado de la madera tratada con pentaclorofenol cuya retención se trata de determinar, se colocan en el fondo de un crisol de 100 ml. Se cubren con 10 g. de mezcla de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y KNO_3 , agitando cuidadosamente para asegurar el completo contacto entre la madera y la mezcla, golpeando cuidadosamente el crisol sobre la mesa se hace asentar y nivelar el contenido
- b) Se agregan 20 g. de la misma mezcla y se vuelve a asentar y nivelar, golpeando

APÉNDICE

- c) Se calienta el contenido, primeramente a baja temperatura, durante 10 minutos. Para que el calentamiento sea correcto, es necesario no producir desprendimiento de humo negro ni ignición en la superficie. Se incrementará la temperatura gradualmente para cada tipo de madera. Las muestras deben resultar libres de carbón sin quemarse totalmente.
- d) Dejando enfriar el crisol hasta que permita ser manejado, luego se vacía su contenido en un vaso de precipitado de 400 ml., se diluye con agua destilada, en forma prudente (alrededor de 70 ml.) y se tapa el vaso con un vidrio de reloj. Se enjuaga el crisol con agua destilada y un agitador con extremo de goma, para evitar que quede en el crisol algún residuo, que produzca error, se vierte el enjuague en el vaso donde se tiene la parte principal de la mezcla. El volumen no debe ser en este momento mayor de 100 ml. Colocando el vaso de precipitados dentro de un baño de hielo, se neutraliza el Ca(OH)_2 , se requiere aproximadamente 51 ml. de HNO_3 concentrado agregado poco a poco (para 30 g de Ca(OH)_2 se requieren aproximadamente 51 ml. de HNO_3 concentrado).
- e) De una bureta de 25 ml. se agregan ahora 15 ml. de AgNO_3 en solución 0.1 N, se tapa el vaso y se hierve por algunos minutos, para coagular el precipitado de AgCl . Dejando enfriar se filtra rápido a través del papel hacia otro vaso de precipitados de 400 ml. y se lava varias veces con agua destilada. Probando con NH_4CNS algunas gotas del agua de lavado, se comprueba, al desaparecer toda turbidez, que cualquier exceso de plata ha desaparecido por lavado. Tanto en un vaso como en el otro, el volumen no deberá pasar de 200 a 250 ml. con indicador de Volhard, el AgNO_3 excedente se titula con NH_4CNS , usando una bureta 25 ml., hasta llegar a un punto final rosa, que se conserve por lo menos durante 5 minutos.

CÁLCULOS:

En vista de que con frecuencia se desconoce el grado de humedad de la madera, resulta aconsejable conducir el análisis sobre la base de la relación entre la cantidad de pentaclorofenol y el volumen de madera, la especificación de la AWP, señala que las unidades estarán en libras por pie cúbico de madera.

 APÉNDICE

FÓRMULAS:

$$(1) \text{ POR CIENTO DE PENTACLOROFENOL} = \frac{(A - B) * 0.5327}{C}$$

donde:

A = ml. de sol. 0.1 N de AgNO_3 B = ml. de sol. 0.1 N de NH_3 (CNS)

C = peso en gramos de la muestra de madera.

$$(2) \text{ Lbs. PENTACLOROFENOL * PIE CUB. MAD} = \frac{(A - B) * 0.5327 * 62.4}{D}$$

donde:

A y B tienen el mismo significado que en la fórmula anterior y D = volumen en centímetros cúbicos de todos los gusanillos de muestra.

Para pasar el resultado anterior a Kilogramos Pentaclorofenol por metros cúbicos de madera multiplíquese por 528.5.

SUGERENCIA:

Es conveniente correr una prueba testigo simultáneamente, sobre gusanillos de madera de la que se esté seguro que no ha sido preservada.