



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

---

FACULTAD DE QUIMICA

**“MONOGRAFIA SOBRE PRESERVACION  
DE MADERA”**

**TESIS PROFESIONAL**

Eduardo R. Gil Lamadrid Valencia

Jorge L. Gracia García Sánchez

Luis Manuel Sosa Salas

**INGENIERO QUIMICO**

México, D. F., 1978



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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 esta 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.

TESIS 1978.

CLAS. ~~\_\_\_\_\_~~  
ADG. ~~\_\_\_\_\_~~ M. T. 100 189  
FECHA ~~\_\_\_\_\_~~  
PROF. ~~\_\_\_\_\_~~



PRESIDENTE CARLOS ROMO MEDRANO

VOCAL JORGE A. CAMPOS ROBLES

SECRETARIO ROBERTO CONTRERAS REYES

Jurado asignado

1er. SUPLENTE PEDRO VILLANUEVA GONZALEZ

2do. SUPLENTE BENJAMIN ORTIZ MENDOZA

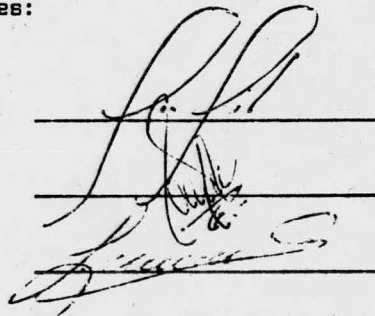
Sitio donde se desarrollo el tema: FACULTAD DE QUIMICA

Nombres y Firmas de los sustentantes:

EDUARDO R. GIL LAMADRID VALENCIA

JORGE L. GRACIA GARCIA SANCHEZ

LUIS MANUEL SOSA SALAS



Nombre y Firma del asesor del tema:

CARLOS ROMO MEDRANO



Como una sencilla muestra de agradecimiento  
a los estimados maestros:

CARLOS ROMO MEDRANO

RAMON ECHENIQUE MANRIQUE

JULIO TERAN ZAVALA.

POR SU INVALUABLE AYUDA.

## I N D I C E.

HOJA No.

- 1.- INTRODUCCION = OBJETIVOS
- 3.- GENERALIDADES  
ANATOMIA Y COMPOSICION QUIMICA DE LA MADERA  
EJES ESTRUCTURALES DE LA MADERA  
TIPOS DE CELULAS PRINCIPALES
- 4.- MADERA DE ANGIOSPERMAS Y GIMNOSPERMAS
- 5.- ANILLOS DE CRECIMIENTO
- 6.- MADERA TEMPRANA (O DE PRIMAVERA) Y TARDIA (O DE OTOÑO)  
DURAMEN Y ALBURA
- 7.- COMPOSICION QUIMICA DE LA MADERA
- 8.- CELULOSA  
HEMICELIJLOSA  
LIGNINA  
EXTRACTIVOS DE LA MADERA
- 10.- ORGANISMOS DESTRUCTORES DE LA MADERA Y CONSECUENCIAS DE LOS ATAQUES.  
MOHO Y MANCHAS  
MOHO
- 11.- MANCHAS EN LA MADERA  
HONGOS XILOFAGOS
- 12.- INSECTOS XILOFAGOS  
INSECTOS COLEOPTEROS
- 13.- TERMITAS Y TERMES SUBTERRANEOS  
TERMES SUBTERRANEOS
- 14.- HORMIGAS CARPINTERAS  
BARRENADORES MARINOS
- 15.- TEREDO Y BANKIA  
MARTESIA  
LIMNORIA, SPHAEROMA Y CHELURA
- 16.- PROPIEDADES FISICAS DE LA MADERA  
PESO

HOJA No.

- 17.- DENSIDAD
- 18.- GRAVEDAD ESPECIFICA  
CONTENIDO DE HUMEDAD Y METODOS PARA DETERMINARLO
- 19.- METODO DE SECADO  
METODO ELECTRICO
- 20.- CONTENIDO DE HUMEDAD EN EQUILIBRIO
- 22.- ESTABILIZACION DIMENSIONAL
- 23.- PROPIEDADES TERMICAS
- 24.- PROPIEDADES MECANICAS DE LA MADERA
- 25.- TENSION PERPENDICULAR A LA FIBRA  
COMPRESION PARALELA A LA FIBRA
- 26.- COMPRESION PERPENDICULAR A LA FIBRA  
CORTE PARALELO A LA FIBRA
- 27.- DUREZA
- 28.- FLEXION ESTATICA  
RESISTENCIA AL CHOQUE  
FACTORES QUE AFECTAN A LAS CARACTERISTICAS MECANICAS DE LA MADERA.
- 32.- TIPOS DE PRESERVADOR  
CLASIFICACION
- 33.- CARACTERISTICAS  
PODER PENETRANTE DEL PRESERVADOR
- 34.- PODER ENVENENADOR DEL PRESERVADOR  
PODER DE RETENCION DEL PRESERVADOR
- 35.- CREOSOTA
- 37.- PENTACLOROFENOL
- 38.- SOLUCIONES DE NAFTENATO
- 39.- SOLUCIONES ESTANNOSAS
- 40.- QUINOLINOLATO 8 de COBRE

HOJA No.

- 41.- CROMATO ACIDO DE COBRE (CELURE)  
ARSENIATO AMONICAL DE COBRE  
ARSENIATO DE COBRE Y CROMO (TIPOS A Y B)
- 42.- CLORURO DE ZINC Y CROMO  
ARSENICO FENOLICO DE FLUOR Y CROMO (TIPOS A Y B)
- 44.- FORMAS DE PRESERVAR LA MADERA  
FACTORES NECESARIOS PARA QUE HAYA DESCOMPOSICION
- 45.- FACTORES QUE INFLUYEN EN LA DESCOMPOSICION DE LA MADERA  
CONDICIONES QUE OFRECEN RESISTENCIA A LA DESCOMPOSICION  
CONDICIONES QUE CONTRIBUYEN A LA DESCOMPOSICION
- 47.- DERIVADOS QUIMICOS DE LA MADERA
- 48.- PROCESOS PARA PRESERVAR LA MADERA  
CLASIFICACION DE LOS PROCESOS  
PROCESOS SIN PRESION
- 49.- APLICACION POR ASPERSION Y BROCHA  
INMERSION
- 50.- REMOJO
- 51.- BAÑO CALIENTE FRIO
- 52.- PROCESO DE DIFUSION Y OTROS  
PROCESO OSMOSE
- 53.- PROCESO DE DOBLE DIFUSION  
METODO DE PASTA VENDAJE
- 54.- ATOMIZACION DE POSTES  
PROCESO AL VACIO
- 55.- PROCESOS A PRESION
- 56.- PROCESO DE CELULA LLENA
- 57.- PROCESO DE CELULA VACIA
- 58.- PROCESO RUPING  
PROCESO LOWRY
- 59.- FACTORES QUE AFECTAN LA PENETRACION Y ABSORCION



HOJA No.

- 65.- TECNICAS SENCILLAS PARA PRESERVAR MADERA
- 71.- PREPARACION DEL MATERIAL PARA EL TRATAMIENTO
- 72.- ESTADO ACTUAL EN MEXICO
- 74.- PROPIEDADES DEL PENTACLOROFENOL
- 75.- PROPIEDADES DE LAS SALES CCA (TIPOS A Y B)
- 79.- PROPIEDADES DE LA CREOSOTA  
USOS GENERALES DEL PENTACLOROFENOL
- 80.- USOS GENERALES DE LAS SALES CCA TIPOS A Y B
- 81.- USOS GENERALES DE LA CREOSOTA
- 82.- PREPARACION DE LA SOLUCION DE PENTACLOROFENOL
- 84.- PREPARACION DE LA SOLUCION DE SALES CCA TIPOS A Y B
- 85.- PREPARACION DE LA SOLUCION DE CREOSOTA
- 86.- PRINCIPALES PRODUCTORES DE ESOS PRESERVADORES  
ESPECIFICACIONES DEL PENTACLOROFENOL
- 89.- ESPECIFICACIONES DE LAS SALES CCA TIPO A Y B
- 90.- ESPECIFICACIONES DE LOS PRODUCTOS DE OSMOSE
- 92.- ESPECIFICACIONES DE LA CREOSOTA
- 94.- PRODUCCION FORESTAL MADERABLE POR ESPECIES
- 95.- PRODUCCION FORESTAL MADERABLE POR TIPO DE ORGANIZACION
- 96.- PRODUCCION FORESTAL MADERABLE SEGUN EL TIPO DE PROPIEDAD
- 97.- PRODUCCION FORESTAL MADERABLE POR ENTIDAD FEDERATIVA
- 99.- PRODUCCION FORESTAL MADERABLE POR PRODUCTOS
- 100.- DESTINO DE LA PRODUCCION MADERABLE
- 101.- PRODUCCION MADERABLE POR ESPECIES Y PRODUCTOS

HOJA No.

102.- PRODUCCION FORESTAL MADERABLE POR GRUPOS DE PRODUCTOS

103.- MADERAS CREOSOTADAS

104.- CONCLUSIONES

106.- BIBLIOGRAFIA

Antiguamente las personas que cortaban y almacenaban la madera solo estaban capacitadas para desempeñar estas actividades, por lo cual, la madera se enviaba a otras diversas áreas de industrialización en donde se procesaba según las necesidades locales o nacionales.

Actualmente resulta poco costeable para las industrias del ramo el elevar el nivel técnico-Práctico del personal en general, por lo cual solo algunos resultan elegidos para recibir estas ventajas-laborales.

En vista de lo anterior y con el único deseo de poder ayudar en dicha capacitación, se elaboro este trabajo, el cual dentro de sus principales objetivos contempla los siguientes:

- a) Proporcionar suficientes datos acerca de la estructura y propiedades físico mecánicas de la madera;
- b) Señalar los principales agentes destructores, así como los daños que estos originan;
- c) Detallar los procesos industriales y agentes impregnantes más usados y efectivos.

Todos estos y algunos más son de igual importancia, ya que se encuentran directamente enfocados a trabajadores y empresas, con el fin de cubrir las más urgentes demandas que implica esta industria. Paralelamente al deseo de incrementar la capacidad y calidad de este -

material; ya que sabiendo mediante estudios previos que los daños sufridos por la madera recién aserrada son máximos durante las primeras horas y días de secado, se justifica la urgencia de aplicar el tratamiento preservador durante este periodo de tiempo, notando que el practicarlo en la zona de tala la principal ventaja obtenida será la de proteger la madera contra el manchado.

Como ya se dijo anteriormente, el principal objetivo de este trabajo es el de proporcionar la suficiente información para elevar la capacidad del trabajador y empresa y así poder proteger adecuadamente la madera, - aún cuando dicha protección solo sea superficial, (suficiente para prevenir el manchado), ya que por no conocer aún - uso final de la madera, no resulta costeable ni recomendable el proporcionar un tratamiento más completo. - para esto se detallan oportunamente los procesos e impregnantes existentes actualmente, dejando la libertad de efectuar su elección de acuerdo a las necesidades y posibilidades particulares.



## CAPITULO II.- GENERALIDADES.

## 1.- MADERA

2.1.1. ANATOMIA Y COMPOSICION QUIMICA DE LA MADERA:  
EJES ESTRUCTURALES DE LA MADERA.

La madera es un material anisotropico, o sea que todas sus propiedades varían de acuerdo con sus tres ejes estructurales, los cuales -- forman ángulos rectos entre sí. El eje longitudinal o axial (L) puede definirse como aquel que corre paralelamente a lo largo del tronco, el radial (R) es paralelo a los rayos, y el tangencial (T) que forma una línea de esta tendencia con los anillos de crecimiento. (Fig. 1.5 ref 3)

De igual forma, la madera tiene 3 planos: el transversal (TR) delimitado por los ejes tangencial y radial, el radial (RL),- comprendido entre los ejes radial y longitudinal y el tangencial (TL), que se forma -- con la intersección de los ejes tangencial y longitudinal.

Es importante saber reconocer en un momento dado los ejes y planos de la madera, ya que cuando se habla de sus propiedades se debe especificar el eje o plano del que se hace referencia.

② Enc.

## 2.1.2.A TIPOS DE CELULAS PRINCIPALES.

La madera esta formada por un conjunto de células unidas entre sí, siendo de 2 tipos:

a) Prosenquimatosas, cuyas funciones principales son la conducción de soluciones y el sostén mecánico del árbol.

b) Parenquimatosas, que sirven para el almacenamiento de sustancias.

Dentro de las parenquimatosas tenemos los rayos de la madera, así como longitudinal o axial parénquima y como células alrededor de los canales de resina. Las células de parénquima son cortas, de paredes delgadas

en forma de tabiques y huecas.

El término prosenquimatosas se aplica a todos los demás tipos de células, siendo las más importantes las que se conocen como fibras. Este tipo de célula tiene la forma de un tubo de paredes relativamente - gruesas con sus extremos cerrados en configuración ahusada, y su longitud es sensiblemente mayor que su ancho.

Las paredes celulares están compuestas principalmente de 3 sustancias químicas: Celulosa, Hemicelulosa y Lignina. También, las paredes celulares están compuestas de varias capas sobrepuestas, formadas de estas 3 sustancias.

La capa central de la pared celular es la más gruesa y por lo tanto la más importante. En ella, las cadenas de celulosa están dispuestas en forma helicoidal, rodeando al lumen o porción hueca de la célula.

ref 3

### 2.1.3.A MADERA DE ANGIOSPERMAS Y GIMNOSPERMAS.

La madera proviene principalmente de 2 grandes grupos de árboles:

- 1.- Gimnospermas o Coníferas. Dentro de este grupo se encuentran la madera de pino, sabino, cedro blanco, etc.
- 2.- Angiospermas o Latifoliadas. Ejemplos de este grupo son la caoba, - encino, cedro rojo, fresno, etc.

Las más usadas universalmente son las maderas de gimnospermas, debido a que su crecimiento es monopódico (un tronco principal recto) y a que tienden a crecer formando masas sobre extensiones de la tierra. Siendo esto por lo general lo contrario que sucede con las Angiospermas.

En la mayoría de los casos es fácil diferenciar entre maderas de coníferas y latifoliadas si se toma en cuenta que las primeras se componen en un 90 % de una sola clase de célula, - mientras que las latifoliadas tienen de diferentes y, como característica especial, vasos que en

la sección transversal aparecen como poros de mayor diámetro que los orificios de las células contiguas, las cuales pueden ser fibras o células de parénquima. Además, no existe la alineación radial característica de células de las coníferas. Ref 3

#### 2.1.4 ANILLOS DE CRECIMIENTO

Al efectuar en un tronco un corte transversal, se observan líneas concéntricas, las cuales representan los anillos de crecimiento. El árbol vivo incrementa el diámetro de su tronco, por el desarrollo de un tejido celular especial llamado cambium.- Este tejido se encuentra debajo de la corteza, y sus células se dividen hacia la parte interna del tronco para formar el xilema o madera. De las células del xilema, las que se han llamado fibras (células prosenquimatosas) mueren tan pronto como acaban de formarse, y las de parénquima permanecen vivas más tiempo. En los árboles vivos la mayor parte del tronco está constituida por células muertas, aún cuando éstas funcionen como conductoras de soluciones. La madera que forma el cambium durante una temporada de crecimiento forma un anillo más o menos circular alrededor del centro del tronco. En árboles de climas templados con diferencias notables de temperatura y humedad entre otoño-invierno y primavera-verano, los anillos corresponden a períodos anuales de crecimiento por lo que de acuerdo con su número puede estimarse su edad. En los casos de árboles de clima tropical los anillos de crecimiento no siempre equivalen a períodos anuales, ya que pueden formarse uno, dos o más anillos en un año, de acuerdo a las condiciones ambientales que predominan en la región. Ref 3

### 2.1.5 MADERA TEMPRANA O DE PRIMAVERA Y TARDIA O DE OTOÑO.

Las maderas que provienen de un clima templado o frío tienen dentro de cada anillo de crecimiento una porción de madera temprana y otra de tardía. La primera se forma durante la época inicial de crecimiento del árbol y se caracteriza por la rápida reproducción de células, la cual conforme avanza su temporada de crecimiento su formación se vuelve lenta y sus paredes aumentan de espesor. De ahí que cuando se observa un corte transversal de madera de pino se pueden notar bandas de células de color pálido que corresponden a la madera temprana y círculos de color oscuro de la tardía. Desde el punto de vista de resistencia, la madera tardía es mejor que la temprana por contener células de paredes gruesas. Las diferencias entre una y otra es causa de que no sea un material homogéneo. En la madera tardía es mucho mejor la permeabilidad que en la temprana. Ref 2 y 3.

### 2.1.6. DURAMEN Y ALBURA.

Duramen-Albura es uno de los rasgos más obvios sobre la sección -- transversal o radial en un tronco de árbol maduro. La mayoría de los árboles tienen un núcleo o centro de madera color oscuro denominado Duramen y una cascara o concha de madera clara denominada albura. Esta característica no es siempre muy pronunciada. Este contraste en color no es estrictamente correcto para designar al núcleo como Duramen solamente con la base de su color oscuro. Un criterio más adecuado para la determinación de Duramen es la ausencia de células vivas de parénquima. De todos modos, para propósitos comerciales el color es el factor determinante -- usado para la separación de Albura y Duramen. Ref 3



Las sustancias que producen las células de parenquima al morir y formar el Duramen le imparten ciertas características a este. Como ya lo habíamos indicado, el color es una de ellas además el Duramen es menos permeable a líquidos y gases, y puede soportar mejor el ataque de organismos destructores de madera. En lo que se refiere a resistencia mecánica, se puede decir que no existe diferencia alguna entre Dura--men y Albura.

#### 2.1.7 COMPOSICION QUIMICA DE LA MADERA.

a) Las paredes de las células de la madera están compuestas por 3 - principales materiales químicos: celulosa, hemicelulosa y lignina, los cuales son polimeros. Con la iniciación de células hijas por medio de la división de las células en el cambium, nuevas paredes son formadas, la pared primaria que encierra la nueva unidad, y la media o capa intercelular que separa las células contiguas. Estas regiones son ricas en materiales pectidos. Durante la etapa de engrosamiento de la pared celular, celulosa y hemicelulosa son sintetizadas dentro de la célula y depositadas sobre la pared primaria, formando una pared secundaria. La formación de lignina antes de esta fase se completa, empezando en - las esquinas de las células y esparciéndose a lo largo de la pared primaria y de la capa intercelular.

Finalmente, el proceso de lignificación a la pared secundaria después de la cual las células mueren (excepto las células de parenquima) y los citoplasmas son depositados sobre las paredes del lumen en la forma de una capa terminal. Ref 1,3.

## CELULOSA.

b) La Celulosa es una de las más abundantes sustancias químicas sobre la tierra, estando en todas las plantas del Reino Vegetal. Dondequiera que ocurra en forma natural, toma la forma de Microfibrillas, largos hilos compuestos de moléculas de celulosa dispuestas más o menos paralelas. Usualmente la celulosa es encontrada asociada a hemicelulosa y lignina en plantas.

## HEMICELULOSA.

c) Son polisacáridos, o sea polímeros de azúcares simples, cuyas moléculas al unirse unas con otras forman cadenas, que en la hemicelulosa pueden ser lineales o ramificadas. Al igual que la celulosa, las hemicelulosas son un material higroscópico, o sea que tienden a ganar o perder humedad según el medio ambiente, característica que aunada a otras son responsables de que la madera sea dimensionalmente inestable cuando sufre cambios en contenido de humedad. Ref 1,3.

## LIGNINA.

d) La lignina es un polímero tridimensional muy complejo cuya estructura y propiedades se desconocen en gran parte.

La lignina se encuentra en una proporción del 15 a 35%, mientras que la celulosa y hemicelulosa están entre 40-50% y 20-35% respectivamente. (Con respecto al peso seco de la madera) Ref 3.

## EXTRACTIVOS DE LA MADERA.

e) En adición, a los componentes estructurales, celulosa, hemicelulosa y lignina, la madera también contiene un gran número de otros componentes de alto y bajo peso molecular. Uno de los más importantes son los terpenos y las resinas de madera, ambos están compuestos de unidades de isopreno, polifenoles, glucosos, azúcares, ácidos grasos

y constituyentes inorganicos.

La mayoría de los extractivos estan localizados en el Duramen, la presencia de algunos de ellos le dan la característica de su color obscuro. Cuando los extractivos son particularmente toxicos, la sección del Duramen es relativamente resistente al ataque por agentes biologicos.

Ref 1

## 2.8 ORGANISMOS DESTRUCTORES DE LA MADERA, Y CONSECUENCIAS DE LOS ATAQUES.

Son tres los grupos principales de organismos que atacan a la madera con una siguiente degradación de su calidad:

- 1.- Moho y manchas
- 2.- Hongos Xilofagos
- 3.- Insectos, moluscos y crustáceos barrenadores

### 2.8.1. MOHO Y MANCHAS.

Tanto el moho como algunas otras clases de microorganismos no afectan la resistencia de la madera, ya que se alimentan de los contenidos de las cavidades celulares y no de las mismas paredes celulares. Además casi todos ellos son incapaces de atacar a la madera cuando el % de humedad se encuentra abajo del punto de saturación de la fibra.

#### 2.8.1. a MOHO

La existencia del moho en un pedazo de madera puede ser -- apreciada fácilmente por la presencia de colonias que le dan a la superficie un aspecto algodonoso. La coloración de estas colonias pueden variar del blanco al negro, y se presentan -- cuando la humedad es muy elevada. Cuando la madera se encuentra seca, pueden estos mohos cepillarse o sacudirse sin que -- la resistencia de la madera sufra alguna merma.

2.1.8.1. b MANCHAS EN LA MADERA.- Hay dos tipos de manchas:

1) Las originadas por hongos cromógenos y 2) Las causadas por cambios químicos debido a los distintos materiales que se han infiltrado en las cavidades celulares. Estas últimas manchas no afectan las características de la madera, pero algunas de ellas, las ocasionadas por el crecimiento de hongos, si tienen un efecto adverso sobre la madera. Como un ejemplo de estas manchas tenemos las llamadas manchas "azules", las cuales no afectan la resistencia de las maderas pero si su apariencia. Las manchas químicas tienen una penetración tal, que a desemejanza de los mohos, no pueden cepillarse.

2.1.8.2 HONGOS XILOFAGOS.

El grupo de organismos que cambia las propiedades físicas y químicas de las paredes de las células y que afectan seriamente la resistencia de la madera reciben el nombre de Hongos "Xilofagos" u Hongos "Destruyores de Madera". Estos hongos son los que producen la descomposición de la madera. Casi todos ellos atacan a la madera una vez que el árbol ha sido cortado o bien se ha caído. También existen los hongos que atacan a los árboles vivos cuya condición física ha sido debilitado bien sea por heridas o por ataques de insectos. Hay dos tipos de hongos que causan la destrucción de las células y ellos son:

- 1) Hongos Blancos, y,
- 2) Hongos Cafés.

Los hongos blancos atacan más fácilmente a la lignina que a la celulosa presente en la madera, produciendo la llamada pudrición blanca.

Los hongos cafes atacan más facilmente a la celulosa que a la lignina, produciendose la prudición café.

La reproducción de todos estos microorganismos destructores de la madera es por medio de esporas. Las esporas crecen y se desarrollan hacia el exterior de la madera, por lo cual son transportadas por el aire muy facilmente. Una vez que el aire se las lleva y cuando las condiciones son las adecuadas, dichas esporas germinan empezando el ciclo de descomposición de la madera.

### 2.1.8.3 INSECTOS XILOFAGOS

Los insectos destructores de la madera, pueden dividirse en 3 clases diferentes:

- a) Insectos coleópteros
- b) Termitas y termes subterraneos
- c) Hormigas carpinteras
- d) Otros

#### 2.1.8.3 a INSECTOS COLEOPTEROS

Especie ambrosia, barrenadores de cabeza redonda, etc. Todos ellos atacan a la madera que sido cortada, y el daño que le ocasionan es de una magnitud considerable. Para evitar que la madera sea atacada, debe cortarse en una época que sea mala para el crecimiento y desarrollo de los insectos.

Algunos de éstos insectos coleópteros atacan tanto a la madera de angiospermas como a la de gimnospermas, depositando sus huevecillos en los poros de dicha madera. Una vez que las larvas se han de

sarrollado empiezan a barrenar túneles por todo el interior.

#### 2.1.8.3 b TERMITAS Y TERMES SUBTERRANEOS

TERMITAS.- Estos insectos destruyen gran número de maderas para la construcción, tales como postes, estacas, maderas de puente, pero su principal ataque es en edificios. Su presencia se revela generalmente por fallas en los marcos de la puerta, bastidores de la ventana etc. Con frecuencia estas termitas son llamadas hormigas blancas, pero no son ni verdaderas hormigas ni generalmente son blancas; más bien están relacionadas con las cucarachas aunque tienen pocas de las características de estos insectos que se alimentan de residuos. En una colonia de termitas suele haber tres castas: las reproductoras, los soldados y los obreros, siendo estos últimos los que dañan la madera.

TERMES SUBTERRANEOS.- Los termes subterráneos son los normalmente responsables por el mayor número de edificios y estructuras dañadas. Estos termes viven en el suelo ya que requieren una provisión constante de humedad, pero para poder subsistir necesitan de la madera y por ser la base de su alimentación son capaces de construir túneles de lodo sobre los cimientos de los edificios con el fin de poder llegar hasta ellos.

Estos termes también viven en colonias e infectan la madera que tiene mala ventilación mucha humedad y que están cerca del suelo. La emigración a nuevos sitios se lleva a cabo durante la época reproductiva en que estos termes tienen alas; al llegar a una made-

ra que no ha sido infectada, se deshacen de sus alas, copulan y empiezan una nueva colonia.

#### 2.1.8.3 c HORMIGAS CARPINTERAS.

Estas hormigas pueden ocasionar graves daños a la madera aunque solamente la utilizan como habitación no como base de su ali--mentación. Casi siempre prefieren maderas blancas o bien aquellas maderas que por estar en descomposición se han ablandado. Generalmente penetran en una construcción por locomoción propia o bien -- cuando se introduce en dicho edificio madera infestada por estos - bichos.

#### 2.1.8.3 d BARRENADORAS MARINOS.

Este es un grupo de barrenadores marinos llamados así por su afección a perforar madera y se encuentra normalmente en aguas sa-ladas. Son tres los géneros de moluscos más importantes de ellos a saber: teredo, bankia y martesia.

Los dos primeros comprenden una serie de especie de forma muy similar a un gusano por lo que reciben el nombre de "gusano de bar-co". En cambio los barrenadores del género martesia se parecen a - las almejas.

Los crustáceos barrenadores son más parecidos a las langostas y cangrejos y los géneros más comunes son: limnoria, sphaeiroma y chelura. Hasta la fecha no se conoce ninguna madera que sea inmune al ataque de estos crustáceos.



TEREDO Y BANKIA.- Las larvas de estos animales pueden nadar libremente y generalmente atacan a la madera abajo de la línea de flotación, o se introducen en ella, perforando agujeros muy pequeños. Conforme el animal crece y se desarrolla, la perforación en el interior aumenta para dar cabida a su cuerpo que para entonces se asemeja a un gusano, al crecer queda completamente atrapado para el resto de su vida. En menos de un año y algunas veces en cuestión de meses una madera puede quedar como panal por lo que su resistencia estructural se reduce grandemente.

MARTESIA.- Esta especie se encuentra a lo largo del litoral del golfo de México y se diferencia de los gusanos de barco en que su cuerpo tiene un caparazon, el cual también penetra dentro de la perforación quedándose atrapado por el resto de sus vidas.

LIMNORIA, SPHAEROMA, Y CHELURA.- Estos animales no se aprisionan en la madera que atacan. Sus perforaciones son mucho más pequeñas que la de moluscos barrenadores y sus galerias son poco profundas. El genero limnolio es conocido mundialmente. El sphaeroma se encuentra en casi todo el litoral del continente americano, y ocasionalmente en agua dulce. El género chelura se encuentra a lo largo del litoral del Atlántico y en las costas de Europa. El daño ocasionado por los crustáceos barrenadores es mucho menos espectacular que el de los moluscos ya que generalmente toma por lo menos un año para que el daño ocasionado por ellos sea comparable al efectuado por los moluscos barrenadores en unos cuantos meses.

2.1.9 PROPIEDADES FÍSICAS DE  
LA MADERA

Este tipo de propiedades dependen de tres factores fundamentales.

- 1.- La cantidad de elemento básico que forma las paredes celulares
- 2.- La disposición y orientación de los materiales que forman la pared (que es la causa principal de la anisotropía de la madera)
- 3.- La composición química del elemento básico, la cual explica muchas diferencias cuantitativas en el comportamiento de la madera (ya que la variabilidad química actúa como modificador de los dos primeros factores)

El sistema más común y útil para predecir las propiedades físicas de la madera está basado en la determinación de la cantidad de elemento básico, la cual se hace al medir su peso, densidad y gravedad específica.

2.1.9.1.- El peso es el más fácil de determinar, ya que se define como el producto de la masa (de la madera, o del material tratado) por la aceleración de la gravedad (en el sitio donde se hace la de terminación), por lo general cuando se usa el peso para calificar o clasificar la madera se expresa en relación al volumen, o sea -- que el índice que se usa es el de densidad-peso (expresado en ----  $\text{kg} / \text{m}^3$  o submúltiplos), tomando en cuenta que el peso total de ma dera, para una pieza de madera determinada es igual a la suma de - los pesos de, sustancia madera, agua en las paredes celulares o es pacios libres, y de extractivos siendo este último el que aporta -

el menor porcentaje (desde una fracción hasta cerca del 25%): el agua en cambio si puede contribuir en forma notable al peso total de la pieza de madera llegando en algunas especies a más del 200%.  
Ref. 3

2.1.9.2.- La densidad esta definida como la masa por unidad de volumen, siendo de gran importancia, ya que la calidad de una pieza de madera depende en gran parte de su densidad, si esta es considerada como material estructural. Si una pieza tiene dimensiones regulares, facilmente se puede determinar su volumen, pero si es de dimensiones irregulares se recomienda el método de inmersión en agua (para determinaciones normales) y el de inmersión en mercurio (para determinaciones exactas) (ver figuras 6.1 y 6.2 de la Ref. 1)  
La densidad de la sustancia solida madera tiene un valor más o menos constante de  $1.5 \text{ g/cm}^3$  PA/VV para todas las especies, siendo este valor ideal físico, para una pared celular celulosica lignificada. (Ref. 1)

Variaciones en la densidad.- Estas son debidas a diferencias en la estructura o, a la presencia de constituyentes extraños. La estructura esta caracterizada por el aumento proporcional de diferentes tipos de células, como las traqueidas, fibras, vasos, ductos de resina, rayos etc. y por otros factores como su dimensión, especificamente el espesor de la pared celular: la variación en la densidad es muy amplia.- pues no solo existe entre especies, sino también entre arboles de la misma especie e inclusive dentro de estos mismos, y en general tiene un rango de  $0.1 \text{ g/cm}^3$  (como es el -

caso de la madera de balsa u *Ochroma-lagopus*) a  $1.30 \text{ g/cm}^3$  (para el guayacan o *Gualacum-sactum*), las dos mediciones bajo las mismas - condiciones de PA/VV. En la tabla 2.1 de la referencia 3 se mues-- tran valores de densidad para algunas maderas mexicanas, notando - que la madera de pino que comunmente se usa en la construcción tie-- ne un valor de densidad que va de 0.40 a  $0.55 \text{ g/cm}^3$ .

2.1.9.3 Gravedad especifica.- Esta se define por medio de la rela-- ción existente entre la densidad de la sustancia tratada respecto a la densidad del agua, siempre y cuando las dos medidas de densi-- dad fueren hechas bajo las mismas condiciones de temperatura.

2.1.9.4 Contenido de Humedad.- Se define como la relación que exis-- te entre el peso del agua de la madera respecto al peso anhidro de la misma, que como ya se menciono, la contribución del peso de -- agua en el peso total de la madera es de gran importancia en muchos casos. (Ref. 3)

Metodos para determinar el contenido de humedad: Los métodos que - existen para hacer este tipo de determinaciones son muy variados y estan basados en distintos principios, razón por la cual se obtie-- nen distintos grados de exactitud en los resultados. De estos méto-- dos los que han sido más estudiados y usados son el de secado, el-- de destilación, el uso de elementos higroscopicos y las medidas ba-- sadas en propiedades electricas. De estos, a continuación se des-- criben; los que han dado mejores resultados en exactitud y práctica.

a) Métodos de secado.- Es muy exacto pero lento, y consiste en tomar la pieza de madera a la cual se le desea hacer la determinación y cortar una muestra (la cual no debe presentar defectos graves ni variaciones notorias en el contenido de humedad), dicha muestra se pesa inmediatamente o se coloca en una bolsa de polietileno a fin de pesarla posteriormente, (este es el peso inicial), posteriormente dicha pieza se coloca en un horno hasta peso constante, (este es su peso anhidro), con este par de datos y usando la relación siguiente se puede determinar su contenido de humedad:

$$\% \text{ Contenido de Humedad} = \left( \frac{\text{peso inicial} - \text{peso anhidro}}{\text{peso anhidro}} \right) (100)$$

este método es entre los sencillo el más exacto.

b) Método eléctrico.- Este método esta basado en las propiedades eléctricas de la madera como la resistencia eléctrica, constante dieléctrica y radiofrecuencia; en base a la resistencia eléctrica las medidas son tomadas entre el rango de madera seca y hasta el punto de saturación de la fibra (el cual se define como el contenido de humedad en el que todas las fibras estan llenas de agua fija sin que exista agua libre en la pieza), esto es debido a que en la madera la resistencia a una corriente eléctrica directa es un millon de veces mayor cuando se encuentra anhidra que cuando se encuentra a un contenido de humedad del 30% y que la madera saturada de humedad ofrece resistencia, a la misma corriente, aproximadamente cincuenta veces menor que a un contenido de humedad del 30%.

Esta razón explica por que dichos aparatos dan resultados exactos cuando la madera se encuentra abajo del punto de saturación de la fibra, observando que en el intervalo del 7 al 25 % de humedad se obtienen resultados con una exactitud de  $\pm 1\%$  (si los aparatos se usan correctamente y estan adecuadamente calibrados). Un modelo de medidor portatil de contenido de humedad basado en este principio es el mostrado en la figura 2.1 de la referencia 3.

Para los aparatos que se basan en propiedades eléctricas como constante dieléctrica y corriente de radio frecuencia debe notarse que dichas propiedades varían de modo proporcional al contenido de humedad de la pieza en cuestión; para estos aparatos el rango aceptable de trabajo esta entre 0 y 25% de contenido de humedad, tomando en cuenta que el error obtenido es proporcional a la diferencia entre la densidad de la madera probada y el valor tomado para hacer la calibración del aparato. Este tipo de aparatos son empleados en trabajos más específicos o que requieren mayor exactitud, aún cuando para este tipo de trabajos se deberá tomar en cuenta la influencia de la dirección del grano, ya que la resistencia perpendicular a este es despreciable comparada con la resistencia paralela al grano. Otro aspecto importante es el saber si la madera ha sido tratada o no. (Ref. 3)

2.1.9.5 El contenido de humedad en equilibrio se define como el punto en el cual la humedad se equilibria con la humedad del medio ambiente, y es de gran importancia, ya que la madera es un material higroscopico (propiedad de tomar o donar humedad del a -

al medio ambiente), notando que la variación de humedades se encuentra estrechamente relacionada con los cambios dimensionales de la madera. La figura 2.2 de la referencia 3 muestra como varia el contenido de humedad en equilibrio de la madera según la humedad relativa del medio ambiente. Dichos cambios dimensionales solo ocurren cuando el contenido de humedad varia abajo del punto de saturación de la fibra, es decir cuando hay variaciones de humedad en la pared celular. Para el cálculo de estos cambios dimensionales se usa la siguiente relación:

$$\% \text{ cambio dimensional} = \frac{\text{dimension de mayor longitud} - \text{dimension de menor longitud}}{\text{dimension de mayor longitud}}$$

y se puede expresar en porcentaje, notando que la dimensión de mayor longitud generalmente es la que la muestra tiene cuando su contenido de humedad es superior al punto de saturación de la fibra, por tanto la dimensión de menor longitud es aquella que la muestra tiene cuando su contenido de humedad es inferior al punto de saturación de la fibra.

De una manera general se puede decir que las paredes celulares se contraen por que al perder humedad, las moléculas de agua que se encuentran entre las cadenas de celulosa y hemicelulosa tienden a salir causando un acercamiento entre dichas cadenas, de este modo el proceso inverso implica que la madera aumente sus dimensiones.

La figura 2.3 de la referencia 3 muestra en forma de diagrama la relación que existe entre el contenido de humedad aba

jo del punto de saturación de la fibra y las contracciones en distintas direcciones.

2.1.9.6 Estabilización dimensional.- Esta estabilidad es deseada siempre para madera en servicio, ya que la madera es inestable dimensionalmente debido a cambios en su contenido de humedad, de estos cambios se pueden presentar dos casos: el primero no es tan importante, ya que es aquel en el que la madera por sus condiciones de uso no esta en contacto directo con el agua, y el segundo es aquel en el que si esta sujeta a contacto directo con agua con lo cual a fluctuaciones severas en humedad relativa ambiental; aún cuando se podría presentar un tercer caso, este es de menor importancia, ya que consistiría en usar especies resistentes al interperismo, por tanto pudiendo usarse sin tratamiento, solo que en muchas partes como México el pino es el más empleado (sobre todo en la construcción), y no es una madera dimensionalmente estable, por tanto, si es necesario darle un tratamiento. Este tratamiento puede ser del tipo, recubrimiento externo (como pinturas, barnices, plasticos y otros productos que tengan funciones de excluir la humedad o retardar la penetración de esta en la madera), repelentes al agua (basados en el mismo principio como aceites, ceras, soluciones de resinas), el más efectivo de estos tratamientos es aquel que se hace con polietileno-glicol, el cual reduce los cambios dimensionales de un 75 a un 90 % (cuando se obtienen retenciones de 25 % del peso de la madera.



2.1.9.7 Propiedades termicas.- Propiedades tales como expansión termica y conductividad termica muestran las grandes ventajas de la madera sobre otros materiales (sobre todo de construcción). Como la madera es un material anisotropico es natural que sus coeficientes de expansión termica varien según los ejes principales de la misma. En la tabla 2.2 de la referencia 3 se muestran los coeficientes de expansión termica lineal para la madera y otros materiales.

Debido a que la madera es un buen aislante termico y a su baja conductividad termica se ha preferido como material de construcción desde hace siglos. La tabla 2.3 de la referencia 3 muestra valores de conductividad termica para algunos materiales usados en la construcción. Además de estas tablas mostradas se pueden hacer cálculos matemáticos para determinar tanto el coeficiente de expansión termica como el valor de la conductividad termica en base a las relaciones matemáticas existentes.

Además de todas estas propiedades físicas ya mencionadas se puede notar que la madera presenta propiedades eléctricas directas y alternas, propiedades acústicas como aislamiento de sonido o absorción del mismo, y algunas otras que hacen de la madera un gran material para fines de construcción, decorativos y otros. (Ref. 3)

2.1.10      PROPIEDADES MECANICAS  
DE LA MADERA

Desde el punto de vista mecánico, la madera ofrece diversas ventajas, como aquella de tener un gran rango de variaciones en su densidad, siendo importante el notar que para emplear adecuadamente la madera en la construcción debemos señalar que es un material anisotrópico.

2.1.10.1      Anisotropía.- Como la madera es un material anisotrópico, sus propiedades específicamente las mecánicas varían según la dirección en la cual estén orientadas las fibras que tengan los esfuerzos que actúan sobre el miembro. Como la madera tiene tres ejes principales, a saber: longitudinal, tangencial y radial las propiedades mecánicas son diferentes en dirección de cada uno de estos tres ejes, aún cuando las diferencias entre el radial y tangencial son mínimas por lo que se ha optado por hablar únicamente de las resistencias mecánicas en dirección paralela y perpendicular a las fibras.

2.1.10.2 Tensión paralela a la fibra.- La resistencia de la madera en tensión paralela a la fibra es la más alta de todas las resistencias de este elemento. En la figura 3.1 de la referencia-3 se presenta un diagrama de carga-deformación de una muestra de madera en tensión paralela a las fibras. Este tipo de resistencia es por lo general 40 veces mayor que la resistencia de la mis

ma pieza de madera sometida a tensión perpendicular a las fibras. Debido a que existe poca información sobre las características de la madera en tensión paralela a la fibra, (por ser difícil la preparación de este tipo de probetas y además muy tardada). Los resultados de pruebas de flexión estática valorizan (esfuerzo al momento de ruptura) conservadoramente la madera en tensión paralela a las fibras. La tabla A.1 de la referencia 3 muestra características mecánicas de algunas especies de maderas nacionales como extranjeras.

2.1.10.3 Tensión perpendicular a las fibras.- La resistencia de la madera en tensión perpendicular a las fibras se determina midiendo el esfuerzo necesario para producir la ruptura; (en tablas como la A.1 anteriormente citada, es el único valor que aparece). Cuando la superficie de ruptura es tangencial es un poco mayor que cuando es radial, aún cuando existen notables excepciones en esta generalización, por lo cual los valores que aparecen en las tablas únicamente indican la resistencia de la madera en tensión perpendicular a las fibras, sin diferenciar si corresponde a la superficie radial o a la tangencial.

2.1.10.4 Compresión paralela a las fibras.- Los valores que aparecen en las tablas generalmente son: el esfuerzo al límite de proporcionalidad y el módulo de elasticidad. En la figura 3.2 de la referencia 3 se presenta una gráfica esfuerzo-deformación de una probeta ensayada en compresión paralela a las fibras.

Por lo general el esfuerzo al límite de proporcionalidad es el 75% del esfuerzo al momento de ruptura (para maderas de latifoliados), y el 80% para maderas de coníferas. La resistencia a compresión en la dirección paralela a las fibras es de 3 a 10 veces mayor que en la dirección perpendicular a las fibras. El intervalo de valores de esfuerzo al momento de la ruptura cuando la madera tiene un contenido de humedad de 10% se estima que es de 100 a 1600 Kg/cm<sup>2</sup>.

2.1.10.5 Compresión perpendicular a las fibras.- Esta característica está íntimamente ligada con la dureza y la resistencia al corte perpendicular a las fibras. Experimentalmente el esfuerzo al límite de proporcionalidad (que es el máximo esfuerzo que la muestra puede soportar sin sufrir deformación permanente), es el único que se determina y es el que aparece en las tablas. Cuando una muestra se comprime perpendicularmente a las fibras, la tendencia es la de impactar las fibras e incrementar la densidad conforme va aumentando la carga, razón por la cual se puede decir que el máximo esfuerzo es imposible de determinar la figura 3.3 de la referencia 3 muestra este fenómeno.

2.1.10.6 Corte paralelo a la fibra.- Cuando se impone a la madera un esfuerzo cortante en dirección perpendicular a las fibras su resistencia es muy grande y nunca sucede la ruptura en el plano -- transversal, ya que dicha ruptura solo se presenta en dirección -- perpendicular a las fibras si es compresión o en dirección paralela

la a las fibras si es corte. Hasta la fecha no se han diseñado - probetas satisfactorias que proporcionen información satisfactoria sobre la resistencia de la madera en corte paralelo a la fibra, ya que los resultados que se obtienen estan influenciados por concentraciones de esfuerzos a lo largo de la superficie de ruptura, y los componentes de esfuerzos en compresión. Los valores que aparecen en las tablas indican el máximo esfuerzo en compresión paralela y estos valores representan las resistencias relativas de diversas especies, pudiendo considerarse como estimaciones confiables de la verdadera resistencia del corte paralelo a las fibras. Maderas mexicanas con un contenido de humedad aproximado al 12% tienen un intervalo de resistencia de 40 a 194 Kg/cm<sup>2</sup>.

2.1.107 Dureza.- Existen varias pruebas normalizadas de dureza, - habiendose ensayado la mayoría de las maderas (del continente americano) por el método Janka, y consiste en introducir en la madera una esfera de acero de un diametro de 0.444" (1.12776 cm) hasta -- una profundidad de 0.222" (0.56388 cm), la carga necesaria para introducir la es el valor que aparece en las tablas. Estos valores de dureza indican la resistencia que la madera tiene a indentarse, -- también pueden emplearse como indicadores de la resistencia que representa la madera a la abrasión notando que la resistencia en la superficie radial o tangencial es practicamente igual, sin embargo la que presenta en la transversal es por lo general mayor que en la lateral. Maderas mexicanas a contenidos de humedad cercanos a 12%

tienen intervalos de dureza en las superficies laterales de 109 a 1548 Kg y en las transversales de 152 a 1550 Kg. Las maderas nacionales de pino aproximadamente tienen una dureza lateral de 360 Kg y transversal de 460 Kg.

2.1.10.8 Flexión estática.- Para flexión estática los valores que generalmente aparecen en las tablas son los siguientes: esfuerzo al momento de la ruptura, esfuerzo al límite de proporcionalidad, módulo de elasticidad y trabajo hasta el límite de proporcionalidad. La figura 3.4 de la referencia 3 presenta una gráfica carga-deformación de una muestra de pino. Cuando el contenido de humedad es cercano al 12% las especies mexicanas tienen un intervalo de valores para el esfuerzo al momento de la ruptura de 300 a 2100 Kg/cm<sup>2</sup> y en el módulo de elasticidad de 40000 a 300000 Kg/cm<sup>2</sup> se estima que la madera nacional de pino tiene valores del módulo de elasticidad de 100000 Kg/cm<sup>2</sup> y de el esfuerzo al momento de la ruptura de 850 Kg/cm<sup>2</sup>.

2.1.10.9 Resistencia al choque.- La madera es más resistente a una carga de impacto que a una aplicada estáticamente, siendo en flexión estática de 50 a 60% más resistente al choque; generalmente esta característica se mide por medio del trabajo necesario para romper una muestra.

2.1.11.- Factores que afectan las características mecánicas de -

la madera.- Esto es importante, ya que siendo la madera un material natural, de estructura compleja higroscópica y anisotrópica se ve afectada por varios factores como:

a) Variabilidad natural.- Existen diferencias de propiedades entre muestras de madera de un mismo árbol y entre árboles de igual especie, las cuales pueden atribuirse a la variabilidad natural o genética de los árboles y a la influencia de factores como tipo de suelo, temperatura, lluvia etc. Los datos presentados en la tabla 3.1 de la referencia 3 dan una buena indicación de la variabilidad de la madera.

b) Gravedad específica.- En base a que la gravedad específica es el criterio más importante que se utiliza para estimar la resistencia de la madera libre de defectos, se tiene que la resistencia mecánica es proporcional a la gravedad específica de donde resulta que un aumento o disminución en la gravedad específica tiene como consecuencia igual efecto en la resistencia. Cuando se tenga necesidad de estimar la resistencia mecánica de alguna especie, conociendo únicamente la gravedad específica de la muestra, se pueden usar las expresiones de la tabla 3.3 de la referencia 3 sin olvidar que los valores que se obtienen son estimativos.

c) Contenido de humedad.- El agua de la madera puede influir notablemente en la resistencia mecánica de esta, cuando su contenido de humedad es superior al punto de saturación de la fibra la resistencia mecánica es la misma para todos los contenidos de humedad hasta la saturación total, por abajo del punto de saturación de la fi-

bra la resistencia mecánica aumenta conforme la madera tenga menor humedad. La tabla 3.4 de la referencia 3 indica el cambio en porcentaje de la resistencia mecánica, pudiendose expresar en -- porcentaje del cambio de contenido de humedad.

d) Temperatura.- La influencia de la temperatura sobre las propiedades mecánicas de la madera puede ser considerable y la magnitud de ese cambio depende de la combinación de tiempo y contenido de humedad cuando la madera se expone a temperaturas extremas. En general, este material sufre una reducción en resistencia a temperaturas superiores a la ambiente y un incremento a temperaturas inferiores. Cuando la madera tiene un alto contenido de humedad o se calienta en atmosfera de gran humedad, la pérdida en resistencia es mayor que si la atmosfera o madera estuvieran a una humedad menor.

La resistencia al impacto es la característica que más se ve afectada por posibles altas y bajas de temperatura, al respecto puede decirse que el medio ambiente de la república no afecta de una manera apreciable la resistencia de la madera para construcción.

e) Defectos.- Los defectos que afectan de manera más notoria las propiedades mecánicas de la madera pueden ser naturales y artificiales; Los defectos naturales son aquellos que se forman cuando el árbol esta en pie tales como nudos, desviaciones en las fibras, bolsas de resina, etc.: los defectos artificiales son -- aquellos que se producen durante el proceso de corte, secado pre-



servación etc., siendo causados por falta de cuidado durante dichos procesos de aprovechamiento de la madera. Aunque se pueden eliminar conociendo sus orígenes y ejerciendo un control de calidad adecuado, esto no ha sido objeto de la atención necesaria en casi ninguna industria del ramo, razón por la cual siguen existiendo estos defectos aún cuando cada vez sean más notorias sus consecuencias. De las figuras 3.9 a la 3.21 de la referencia 3 se -- pueden ver gran clase de defectos de una manera ilustrativa. (todo lo referente a este capítulo fue obtenido de la referencia 3)

## B.- T I P O S            D E            P R E S E R V A D O R

La palabra preservador tiene muchos significados, consecuen-  
temente es usada para describir varios productos con diferentes-  
acepciones. Los preservadores de la madera son en general de dos  
clases; preservadores solubles en agua y preservadores solubles  
en aceites. (Ref. 19)

2.B.1      Clasificación.- a) solubles en aceites: este grupo esta  
compuesto por todos los preservadores oleosos de uso más general,  
quedando por tanto incluidos la creosota de alquitran de carbón,  
soluciones preparadas a partir de creosota y solventes orgánicos,  
soluciones de creosota y petróleo, y todos aquellos preservadores  
preparados en solventes químicos, notando que el principal compu-  
esto de este tipo es el pentaclorofenol, el cual tiene gran poder  
toxico. Los productos oleosos y mezclas de ellos son obtenidos de  
la destilación del carbón del refinado del petróleo, de la desti-  
lación de la madera, de la manufactura del gas de usos industria-  
les y domesticos y posiblemente por otros caminos. Los preservado-  
res de tipo oleosos más usados han sido estudiados y catalogados  
de acuerdo a sus componentes químicos, pudiendo con esto evaluar  
su efectividad notando que esta varia según las condiciones de ma-  
nufactura iniciales como la presión y temperatura. (Ref. 21)

b) Preservadores solubles en el agua, (hidrosolubles).- Este --  
grupo de preservadores son usados principalmente en el tratamien-

to de maderas comerciales donde la madera ya tratada no deba tener olor y se caracterizan por ser de manejo limpio y fácilmente pintables (cosa por lo general es contraria para preservar adores oleosos). La resistencia a la exudación o lixiviación de algunos de los preservadores ha perfeccionado a tal grado que su uso en la madera ha dado resultados excelentes pudiendo incluso quedar dicha madera en contacto con el suelo, en instalaciones húmedas o sumergidas en agua dulce o de mar después del tratamiento . (Ref. 19)

2.3.2 Características.- Todo preservador de madera debe tener las siguientes tres cualidades: a) poder penetrar la madera, b) poder envenenar la madera, bases de alimentación de hongos e insectos, c) poder estar presente en cantidad suficiente y así poder prolongar la vida de los productos de madera. Los preservadores de madera son materiales tóxicos que deben usarse con precaución, estos preservadores al penetrar en la madera envenenan la celulosa y la lignina que son la atracción de los enemigos orgánicos de la madera. (Ref. 21)

a) Poder penetrante del preservador.- La capacidad penetrante de un preservador de madera puede ser medida con gran exactitud -- por diversos métodos. El grado de penetración de preservadores como la creosota es fácilmente determinable por medio de una observación directa de la pieza tratada ya que el preservador imparte color a la madera pudiendo notarse claramente si se hace un corte -- adecuado de la pieza, otro método que puede ser usado, si se trata de un preservador del tipo oleoso, consiste en aplicar una tintura

en polvo, soluble en aceite, sobre la superficie a examinar, de manera que al disolverse la tintura proporcione color a las zonas -- que contienen preservador. Para sustancias preservadoras como fluoruro de sodio y cloruro de zinc basicamente el procedimiento es -- el mismo ya que al adicionar un compuesto químico específico a la pieza tratada esta adquiere un color intenso en las zonas en las -- que el preservador esta presente. La dependencia del grado de penetración con el tiempo de impregnación es mostrada en la figura -- 6.94 de la referencia 1, y la relación entre la viscosidad absoluta de diferentes preservadores y el grado de penetración se puede ver en la figura 6.95 de la misma referencia.

b) Poder envenenador del preservador.- Esta cualidad es de -- igual importancia que la anterior ya que el preservador debe ser -- una sustancia toxica capaz de envenenar la celulosa, lignina y hemicelulosas presentes en la madera y con esto evitar la acción de los organismos destructores de ella.

c) Poder de retención.- Este puede ser medido en base a la -- cantidad de solución absorbida por la madera. En operaciones largas de impregnación, la retención es determinada respecto a un volumen base y expresado como el peso de preservador por unidad de -- volumen de la madera. Los factores de impregnación (como retención y penetración), son influenciados por la estructura anatomica de -- la madera y esta influencia puede ser minimizada al proporcionar -- tratamientos previos a la madera como puede ser el canlentar la -- pieza de madera en cuestion, o hacerle insiciones a la misma con lo cual se obtienen mejores resultados en proceso de impregnación.

(REF.1)

2.B.3a La creosota.- Es un destilado de alquitran producido a altas temperaturas por carbonización, su color varia desde el cafe obscuro hasta el negro, es más pesada que el agua, el rango en su punto de ebullición es continuo y va desde 125º C hasta 200º C. Entre las ventajas que presenta este preservador se encuentran las de ser altamente toxico a todos los organismos destructores, es relativamente insoluble en agua, es de facil penetración (pudiendo - determinarse por la coloracion que imparte a la madera), es facilmente adquirible y de costo muy bajo; entre las desventajas que -- presenta se pueden encontrar las de ser esencialmente un subproducto que contiene más de cien compuestos químicos diferentes, racion creosotada la madera se encuentra muy caliente ya que la creosota no puede ser aplicada a temperaturas moderadas y requiere un calentamiento previo,) la madera creosotada no puede ser pintada, los - compuestos individuales de la creosota son extraidos para satisfacer las demandas del mercado con lo que la calidad de la creosota varia mucho de un proveedor a otro.

Creosota de aceite de antraceno o carbolinaum.- Es un destilado de alquitran de hulla, tiene rango más amplio en sus puntos - de ebullición que en el caso anterior, los compuestos químicos que cristalizan a temperaturas ordinarias son removidos para dejar unimente el aceite líquido lo cual ocasiona una reducción en el calor de evaporación, estos aceites de creosota son usados principalmente al igual que en el caso anterior para tratar pilotes y durmientes (que pueden estar en contacto directo con agua salada o tierra

humeda), y el tratamiento puede ser un tanque abierto (proceso de inmersión), aplicaciones con brocha o atomizadores (spray).

Creosota de gas de agua.- Esta creosota es un destilado del gas de agua con aceite de petróleo, su composición puede variar según el tipo de petróleo usado, este tipo de creosota difiere de la creosota de alquitran de carbón en que no contiene prácticamente alquitranes ácidos ni básicos. Como en el caso de la creosota del alquitran de carbón, la toxicidad varía según la proporción de destilado que se obtiene por debajo de 275° C. Este producto es, generalmente menos tóxico que la creosota de alquitran de hulla.

Creosota de alquitran de madera.- Se obtiene por la destilación del alquitran de madera, que resulta como producto secundario de la destilación destructiva de maderas (de angiospermas o gimnospermas). Como con los otros tipos de creosotas, cada refinación -- del aceite puede ocasionar que la calidad del preservador disminuya. Este tipo de creosota es raramente usada ya que no se obtiene fácilmente en cantidades suficientes, notando que la creosota obtenida a partir de madera de angiospermas es altamente ácida, razón -- por la cual corroe el hierro y el acero.

Soluciones de creosota y alquitran de hulla.- Esta es una mezcla de 50% de cada componente con el fin de reducir su costo, este tipo de preservador también reduce la tendencia que la madera tiene a agrietarse, pero en cambio la madera tratada con este tipo de preservador es más propensa a causar exudación (sangrías).

Soluciones de creosota y petróleo.- Este tipo de soluciones -

se preparan con el objeto de reducir el costo del preservador no -  
 tando que las superficies de la madera tratada con esta solución,  
 son más aceitosas, con lo cual el agrietamiento disminuye conside-  
 rablemente. El uso de este tipo de soluciones presenta algunas des-  
 ventajas como pueden ser el que aumente la tendencia a exudar, la  
 toxicidad disminuya totalmente, la penetración es más difícil y --  
 otras.

2.8.3.b El pentaclofenol.- Este preservador es un compuesto or-  
 ganico, simple cristalino, soluble en aceite. El termino es gene -  
 ralmente aplicado a él en soluciones de aceite de petroleo, se pue-  
 de disolver en aceites ligeros o pesados, pero en cada caso deberá  
 ser usado en soluciones al 5% en peso. Es muy importante elegir el  
 tipo de preservador adecuado a la madera y el proceso, pero igual-  
 mente importante es la elección del solvente necesario según el --  
 uso final'a que se destinara la madera tratada; mientras más pesa-  
 do sea el aceite solvente seleccionado mayores problemas pueden --  
 ocurrir cuando se trate de pintar o limpiar la madera tratada; se-  
 gún el tipo de aceite solvente usado, la naturaleza y color de la  
 solución de pentaclorofenol varia desde cafe oscuro hasta el cafe  
 claro. Este preservador encuentra su mejor uso en maderas de pos -  
 tes, crucetas y cercas: entre las ventajas que presenta este pre -  
 servador se puede señalar la alta toxicidad a la putrefacción y a  
 insectos, no se deslava bajo condiciones excesivas de humedad, bu-  
 nas cualidades para penetrar, limpio, su manejo es más facil que -

el de la creosota, con solventes ligeros las soluciones de pentaclorofenol se prestan muy bien para combinarse con repelentes al agua: entre sus desventajas más notorias se puede señalar que es altamente irritante a los seres humanos y animales (sobre todo en los ojos y pies), la madera tratada con este preservador es altamente tóxica a plantas y flores (ya sea en contacto directo o con sus vapores), los cristales de este preservador se pueden sublimar o gasificar a causa del calor y emigrar desde el interior de la madera hasta la superficie, es necesario esperar un periodo de tiempo más o menos largo antes de pintar la madera tratada para permitir que el aceite solvente se evapore (si se usa aceite pesado, el periodo de tiempo deberá ser más largo), la madera tratada tiene un olor residual muy prolongado (no severo), este preservador no protege satisfactoriamente contra barrenadores marinos,.

2.8.3 c Soluciones de naftenato.- Son dos las más comúnmente usados como preservadores: el naftenato de cobre y el de zinc. Este tipo de preservadores esta compuesto por organometalicos simples no cristalinos solubles en aceites. Este tipo de preservadores generalmente no se aplican en plantas impregnadoras pues es suficiente una simple aplicación con brocha, atomizador o cualquier otro proceso sencillo; en casos especificos se recurrirá a procesos de inmersión. Para que las soluciones en aceite den buen resultado, la concentración mínima del metal (cobre o zinc) deberá ser del 2%. Entre las ventajas que presentan estos preservadores se puede notar que no es toxico a plan



tas ni flores, el de cobre se presta muy bien para algunas aplicaciones en embarcaciones (previniendo la putrefacción seca): dentro de sus desventajas se encuentra el hecho de que la madera tratada adquiere el color típico del cobre, verde, el cual es difícil de cubrir, el de zinc se cubre fácilmente con pintura pero no es tan efectivo como lo es el de cobre. En ambos casos para lograr que la madera se cubra (se pinte) hay que sacrificar mucho la toxicidad, su olor es muy persistente, su costo más alto que el del pentaclorofenol.

2.B.3. d Soluciones estannosas.- (De óxido de terbutilo): (madera preservada con Butinox y Nautox), este compuesto organo-estannoso es limpio, inodoro, incoloro, estable, insoluble en agua (pero es muy soluble en la mayoría de los solventes orgánicos, es altamente efectivo para controlar el crecimiento y desarrollo de hongos, bacterias y organismos marinos. Tiene una afinidad natural por los materiales celulósicos y la madera tratada con el se vuelve muy duradera (a pesar de que las condiciones del medio sean muy propicias para que se presente el fenómeno de lixiviación;), estos preservadores no pueden ser usados para impregnar maderas en plantas a presión, pues por sus características propias se recomiendan tratamientos más sencillos como el de inmersión, brocha o atomizador.- resumiendo las ventajas de este tipo de preservadores se puede decir que es claro, limpio tóxico repelente, al agua, se puede usar en cualquier tipo de maderas comerciales, se puede pintar, no exuda en la superficie de la madera, es de manejo fácil y seguro, su tratamiento dura mucho tiempo y es relativamente eco-

nomico (ya que resulta casi igual al de pentaclorofenol y menor que el de los naftenatos): este preservador presenta una gran desventaja debida a que es un compuesto químico nuevo y la madera con el tratada no tiene el tiempo necesario para obtener un reconocimiento completo.

2.8.3 c Quinolinolato B de cobre (solubilizado) o cunilate.- Es un producto inodoro no cristalino el cual disuelto en un solvente derivado de la gasolina que ha demostrado ser un excelente preservador para evitar la putrefacción de la madera; este preservador esta normalmente formulado conjuntamente con repelentes al agua con lo que proporciona estabilidad dimensional, no irrita la piel ni la nariz, es muy fácil de manejar y soluble en aceites alifaticos, una de sus más grandes ventajas es la de ser el único permitido para estar en contacto directo con productos alimenticios, drogas y medicamentos (según normas de la secretaría de salubridad y asistencia de E.E.U.U. no es toxico para animales, es compatible con sistemas de pigmentación, se puede pintar, etc., dentro de sus desventajas se encuentra la de no haber obtenido resultados definitivos en madera hincada y la de no ser facilmente aprovechable en su aplicación por procesos a -- presión.

2.8.4 Características de preservadores hidrosolubles.- Sus principales características ya fueron mencionadas en la clasificación pero ahora se verán un poco más especificas:

2.8.4a a) Cromato acido de cobre: (celcure), su composición es; sulfato de cobre 50%, dicromato de sodio 48.3% y acido cromico 1.7 %, es toxico a la putrefacción e insectos, lamadera tratada se puede pintar, es limpio e inodoro, dentro de sus desventajas podemos mencionar la de ser corrosivo a los metales, antes de usarlo se debe se car la madera (al aire o en estufa), no es facil de conseguir y es muy caro.

2.8.4.b Arseniato amoniacal de cobre (chemonite).- Su composición es; hidroxido de cobre 57.7%, trioxido de arsenico 40.7% y acido acetico 1.6%. Entre sus ventajas se encuentra la de ser muy toxi co a la putrefacción e insectos, la madera tratada se pinta facilmente, es limpio, inodoro, resistente al deslavado, no exuda si se pone en contacto con yeso, pintura ni concreto: dentro de sus desventajas podemos mencionar la de no ser totalmente aprovechable, es muy caro y la de que la madera antes de ser tratada debe secarse -- (al aire o en estufa).

2.8.4.c Arseniato de cobre y cromo (tipo A y tipo B).- El tipo A corresponde a greensalts o erdalith y su composición es: dicromato de potasio 56%, sulfato de cobre 33% y pentoxido de arsenico 11% Dentro de sus principales ventajas se encuentra la de ser toxico a la putrefacción e insectos, la madera tratada se pinta facilmente, es limpio, inodoro y muy resistente a deslavarse; dentro de sus -- desventajas se encuentra la de ser de dificil adquisición, y antes

y antes de aplicarse debe secarse la madera (al aire o en estufa).-

El tipo B corresponde a osmosa K-33 o boliden K-33 su composición es: ácido arsenico 42%, ácido cromico 27%, óxido de cobre 27% e ingredientes inertes 16%. Entre sus ventajas se encuentra la de ser tóxico a la putrefacción e insectos, la madera tratada se pinta fácilmente, es limpio, inodoro, muy resistente a deslavarse, fácil de conseguir, no exuda al ponerse en contacto con concreto, yeso, ni pintura, y es muy resistente a la conductibilidad eléctrica.- entre sus desventajas se encuentra la de que antes de aplicarse debe secarse la madera (al aire o en estufa)

2.B.4.d Cloruro de zinc y cromo.- Su composición es: cloruro de zinc 81.5%, dicromato de sodio 18.5%, dentro de sus ventajas se encuentra la de ser razonablemente tóxico a la putrefacción e insectos es limpio, inodoro y es muy buen retardador del fuego a concentraciones altas, entre sus desventajas se encuentra la de ser corrosivo a los metales, altamente conductor de la electricidad, presenta poca resistencia a la lixiviación y debe secarse la madera antes de aplicarse.

2.B.4.e Arsenico fenolico de fluor y cromo.- (tipos A y B).- El tipo A corresponde a las sales de Wolman o tanalith.- su composición es : fluoruro de sodio 25% dentro de sus ventajas se encuentra la de ser muy tóxico a la putrefacción e insectos, la madera tratada se puede pintar fácilmente, es inodoro, es fácil de conseguir y

no corroe los metales; dentro de sus desventajas podemos notar que tiene poca acción retardadora del fuego, esta sujeta a deslavarse o lixiviarse moderadamente bajo condiciones extremas y es necesario - secar la madera antes de aplicarlo.

Tipo B, (osmosalts u osmosar).- Su composición es Fluoruro de sodio 34%, arseniato de sodio 25%, dicromato de sodio 34% y dini - trofenol 7%; sus desventajas y ventajas son las mismas que para el caso anterior ya que sus diferencias son mínimas. (Ref. 19)

## 2.8.5 FORMAS DE PRESERVAR LA MADERA.

### FACTORES NECESARIOS PARA QUE HAYA DESCOMPOSICION.

- 1.- Oxígeno (Todos los hongos y demás microorganismos son aerobios)
- 2.- Humedad (Mayor del 20% sin llegar a la saturación por inmersión)
- 3.- Temperaturas favorables (entre 20 y 35 ° C)
- 4.- Alimento (Madera).
- 5.- Acidez del Medio (Los hongos viven con un  $p^H$  de 4.5 a 5.5).

Todos los factores arriba listados son absolutamente indispensables para que la descomposición de la madera se lleve a cabo. -- Los hongos y algunos insectos no pueden sobrevivir si nosotros eliminamos cualesquiera de los factores antes mencionados. Incluso -- los hongos llamados de pudrición seca, necesitan algo de humedad.

Desde el punto de vista de la construcción, no resulta práctico controlar la descomposición, eliminando al oxígeno o manteniendo constantemente altas o bajas temperaturas, o sumergiendo un edificio o una construcción en agua. Por lo tanto, la única respuesta lógica es la de controlar la fuente alimenticia.

He aquí la base para la preservación de la madera "Preservar Madera" significa envenenar esa fuente de abastecimiento y evitar así el crecimiento o propagación de hongos e insectos a base de inyección de sustancias químicas haciéndoles imposibles cualquier tipo de vida a dichos agentes, evitando que se desarrollen y sigan su proceso de vida.

Hay muchos productos químicos (preservadores de madera) que -

pueden hacer este trabajo. Pero el grado de efectividad dependera del uso a que se destine la madera. Esto se vera con más detalle - más adelante.

## 2.8.6 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA DESCOMPOSICION DE LA MADERA.

### 2.8.6a CONDICIONES QUE OFRECEN RESISTENCIA A LA DESCOMPOSICION.

- 1.- Cantidad y Maturaleza de Extractivos o Compuestos Orgánicos - presentes en la madra. Dependiendo del grado de toxicidad que tengan los extractivos ofrecerá menor o mayor resistencia a la descomposición.
- 2.- Cantidad de Duramen presente. Esto se debe como ya se ha dicho que los extractivos estan el Duramen, y por lo tanto la zona - del Duramen es más resistente al ataque de organismos.
- 3.- Contenido de Humedad abajo del 20%.
- 4.- El clima frio y seco reduce considerablemente la incidencia - de la descomposición.

### 2.8.6b CONDICIONES QUE CONTRIBUYEN A LA DESCOMPOSICION.

- 1.- Porcentaje de Albura. Mientras mayor sea el porcentaje de Albu ra mayor sera el riesgo de que exista una descomposición puesto que en la albura no existen extractivos.
- 2.- Temperaturas Moderadas. (Favorecen el crecimiento de microorga nismos) entre 25 y 35 ° C.

- 3.- Contenido de Humedad arriba del punto de saturación de la fibra
- 4.- Malos diseños de construcción originan una mala circulación de aire, lo cual ocasiona una condensación de humedad.
- 5.- Presencia de esporas de hongos capaces de atacar las distintas especies utilizadas en la construcción. Algunos tipos de hongos no pueden atacar a cualquier especie. Algunas especies pueden tener muy buena durabilidad en una área determinada, y muy mala en otras.
- 6.- Ausencia de Luz.
- 7.- Contacto con tierra o agua.





## CAPITULO I I I

## 3.A.1 PROCESOS PARA PRESERVAR LA MADERA.

Ahora que conocemos las características más comunes de los principales preservadores de madera, el siguiente paso es comprender cual de estos preservadores deberá aplicarse a la madera, así como seleccionar el método más adecuado de aplicación de acuerdo con el uso a que se vaya a destinar la madera.

Se dice que la madera está tratada, cuando el preservador ha sido aplicado a ella sin importar el método seguido. Los resultados diferirán, no solamente por el preservador, sino también por el método de aplicación.

## 3.A.2 CLASIFICACION DE PROCESOS

La mayoría de los métodos de preservación de madera pueden ser clasificados en:

- 1.- Procesos de No Presión
- 2.- Proceso a Presión

## 3.A.2.1. PROCESOS SIN PRESION

Los procesos sin presión de tratamiento de madera son numerosos y variados en su procedimiento.

A continuación se numeran los distintos métodos de preservación sin presión:

- a) Preservación por aspersión y brocha.

- b) Por inmersión
- c) Por remojo
- d) Baño caliente y frio
- e) Proceso de difusión y otros.

a) APLICACION POR ASPERSION Y BROCHA

La aplicación de preservadores por brocha o aspersion, es el método más simple disponible. Este método requiere una mínima inversión en equipo y puede ser usado para aplicar preservadores oleginosos e hidrosolubles, creosota y otros aceites de baja viscosidad.

Los efectos de tratamiento por brocha o aspersion son superficiales, no pueden ser recomendados excepto como una protección temporal. Dan una protección de unos pocos milímetros de profundidad. En efectos de rupturas de la madera no funciona este tratamiento, -siendo por ahí donde es atacada por los organismos destructores de la madera. Bajo condiciones óptimas el servicio normal de la madera se puede extender de uno a tres años, suponiendo que los nudos, y demás defectos de la madera están totalmente llenos de preservador, y este está aplicado sobre toda la superficie de la madera.

Ref. 1, 19

b) INMERSION.

El tratamiento por inmersión consiste simplemente en sumergir la madera en un baño de creosota u otros preservadores por unos pocos minutos o segundos. Es generalmente más caro que el de brocha

o aspersión, a causa de que requieren más equipo y grandes cantidades de preservadores, y no es adaptable para tratar pequeños lotes de madera. De todos modos tiene una ventaja definitiva sobre los tratamientos de brocha o aspersión, y está es que nos da una mejor penetración y una gran uniformidad de preservador sobre la superficie de la madera. Aún así, para usos generales el grado de protección que pueda tener la madera por este tratamiento no puede ser = esperado que sea muy superior al que tenga la madera tratada por brocha o aspersión a causa de que la penetración será lenta y la absorción limitada. La madera tratada por la aspersión tiene una vida de servicio de dos a cuatro años, si no está en condiciones severas.

El método de inmersión es especialmente adecuado para tratar marcos de ventana, puertas, etc. Ref. 1, 21

c) REMOJO

Este proceso se emplea con preservadores hidrosolubles. La madera verde o seca se remoja por espacio de varios días o semanas en la solución preservadora, periodos durante el cual él preservador es absorbido por la madera. Si este lapso se prolonga lo suficiente la penetración y las retenciones obtenidas serán casi iguales que con tratamiento a presión. La absorción se logra por medio de un -- proceso de difusión el cual dura de una semana a diez días, obteniéndose una mayor penetración en la albura que en el duramen. Ref. 1, 19, 21

## d) BAÑO CALIENTE Y FRIO.

Este método es también conocido como tratamiento en tanques abiertos. Este tratamiento involucra la inmersión de madera, por cuestión de horas, en baños sucesivos con preservador caliente y frío. La función del baño caliente es expandir el aire de las capas externas de la madera y evaporar agua de la superficie, la duración del baño y la temperatura de esta estarán determinados por la cantidad de aire y agua que exista en la madera. El baño frío en -- turno, causa que el aire y el agua remanentes se contraigan formando así un vacío parcial. Para satisfacer este vacío la presión atmosférica tiende a forzar la entrada del preservador a la madera. Muy poca penetración y absorción existe durante el baño caliente, -- siendo en el baño frío cuando ocurre la mayoría de la penetración y absorción. El cambio de baño puede ser de muchas formas:

- 1.- Transfiriendo la madera caliente a un tanque separado que contenga el preservador frío.
- 2.- Sacando el preservador caliente del tanque y agregándole preservador frío.
- 3.- Usando el mismo preservador y quitándole la fuente de calor y agregándole un medio de enfriamiento.

En este tratamiento pueden ser usados preservadores oleaginosos pero a grandes volúmenes el tratamiento es hecho con creosota y otros aceites. Ref. 21

#### e) PROCESO DE DIFUSION Y TRCOS

Existen varios métodos de tratar madera en el cual la penetración depende de la difusión del preservador dentro de la madera y estos son:

- 1) Proceso Osmose
- 2) Doble Difusión
- 3) Pasta y Vendaje
- 4) Atomización de Poste
- 5) Proceso al vacío

#### PROCESO OSMOSE

Con éste método de aplicación se tratará únicamente madera - verde o saturada, al cual se sumergirá rápidamente en un tanque o recipiente que contenga la solución preservadora en la forma de -- crema o pasta. Durante la inmersión una cierta cantidad de preservador quedará adherida en la superficie de la madera. Debe hacerse una pila cerrada con la madera tratada, tapándola con una cubierta impermeable contra la lluvia para no deslavar las partículas de - preservador y retener la mayor humedad posible bajo la madera, durante un periodo de 30 días de reposo. En este lapso de tiempo el preservador penetra en la madera, celdilla por celdilla, mediante el proceso de capilaridad y difusión.

La penetración en la madera por inmersión puede ser buena; pero debido a la dificultad de control, no siempre se pueden obtener

resultados óptimos. Cuando el procedimiento de éste tratamiento se lleve al pie de la letra, los resultados serán similares al obtenido regularmente por los procesos a presión. Ref. 19,21

#### DOBLE DIFUSION.

El propósito del método de doble difusión es la de formar dentro de la madera, por reacción entre sustancias químicas, sales - que sean tóxicas para los organismos y así preservarlas. Un par de estas sustancias químicas pueden ser por ejemplo, primero tratar la madera con una solución de sulfato de cobre, y después tratarla con cromato de cobre. Estas dos sustancias forman un precipitado dentro de la madera que es muy tóxico a los organismos destructores de madera. Otros pares de sustancias pueden ser usados de la misma manera Ref. 21

#### METODO DE PASTA Y VENDAJE

Este tratamiento es mejor conocido como tratamiento en la línea de tierra. Es empleado para el mantenimiento de la zona de la línea de tierra de postes de madera de servicio y pilotes de fuente de ferrocarril. Se usa también para el tratamiento de pilotes desgastados en las zonas de apoyo de los durmientes, en las placas de asiento para rieles de ferrocarril y en cualquier otro lugar en que la madera esté en contacto con madera, mampostería o metal. Para estos usos se emplea un producto hidrosoluble, suspendido en una sustancia gelatinosa (generalmente un gel a base de creosota).

El producto se aplica con brocha en la superficie de la madera. Si la madera está en contacto con el suelo, para impedir que haya -- una lixiviación del gel protector, se pone un vendaje alrededor del -- área tratada. Cuando la madera está húmeda, el agua sale y el producto penetra en la madera por capilaridad y difusión. El vendaje actua como una barrera contra la humedad, guardando que el preservador quede dentro de la madera. La vida útil de servicio aumenta de 10 a 12 años. Ref. 19

#### ATOMIZACION DE POSTES.

Este es un método con el cual se protege la vida de los postes o pilotes de puentes atomizándoles pentaclorofenol a partir de la línea de tierra. Este es un tratamiento de mantenimiento o conservación. Cuando la madera esta enteramente seca, el pentaclorofenol será aplicado con atomizador en toda la superficie empapándola el tiempo que sea necesario, hasta obtener una saturación. Se repite este - procedimiento periódicamente cada 8 ó 10 años, con el cual se logra- que la madera pueda estar en servicio por grandes periodos de tiempo.

#### PROCESO AL VACIO.

Este método de preservación de madera es una combinación de métodos a presión y sin presión. Semejante a los métodos a presión que se verán a continuación. El proceso al vacío se una en recipientes cerrados. La madera se coloca dentro del recipiente y se efectúa un vacío después, se llena con el preservador. Al hacer el vacío, el aire que



tienen los vasos de la madera, se desaloja penetrando en su lugar el impregnante. El exceso de preservador, se bombea al tanque de almacenamiento y se hace un segundo vacío para desalojar el sobrante con el objeto de que la madera quede seca. Este procedimiento es efectivo únicamente cuando se trata madera seca o cuando la madera tiene el grado de humedad necesario (30%).

Se tiene un pequeño control sobre el final de la retención neta. Este proceso encuentra su mejor aplicación en el tratamiento en madera delgada, y tiene la ventaja sobre el procedimiento por inmersión, que la madera tratada es de manejo más fácil, a causa de que no queda preservador sobre la superficie de la madera. Ref. 19,21.

### 3.A.2.2 PROCESOS A PRESION.

Los procedimientos a presión requieren de equipo especial, en general, el equipo necesario son bombas, válvulas, tanques de almacenamiento, calderas, equipo de control y regulación y lo más importante, un cilindro horizontal llamado "Autoclave". En este cilindro es en donde la madera se acondiciona y trata. La madera seca, verde o mojada, puede ser tratada a presión; pero el proceso de tratamiento de madera verde es más prolongada porque antes de ser tratada, es necesario acondicionarla para que pueda recibir el preservador. El acondicionamiento de la madera consiste en remover o desalojar la humedad y abrir unos canales. Esto se logra calentando la madera sin sobrepasar los 259°F (125°C), (afecta propiedades) sometiéndola inmediatamente a un vacío absoluto. Con esta operación se

logra que el agua se vaporice y así al aplicar el vacío, el condensado es extraído más fácilmente, con lo cual la madera quedará lista para ser tratada. La solución del impregnante se introduce en la retorta y bajo una presión mecánica elevada se logra que el preservador penetre en la madera. El ciclo vapor-vacío para acondicionar la madera, será eliminado cuando ésta esté seca. Las retenciones -- son precalculadas, basándose en el volumen de madera a tratar en  $\text{mt}^3$  netos y en la cantidad de preservador que retenga la madera al finalizar el ciclo de tratamiento. La penetración será determinada por el promedio de penetración de las muestras recopiladas.

Los procesos a presión se clasifican de dos clases:

- a) Célula Llena.
- b) Célula Vacía.

#### a) PROCESO DE CELULA LLENA.

Este método es empleado cuando se desea obtener una retención elevada, es decir, que la madera retenga una gran cantidad de preservador. Mediante este proceso la retención de los preservadores hidrosolubles pueden controlarse correctamente, esto se logra regulando la concentración de la solución impregnante y calculando exactamente la cantidad de solución que por bombeo penetra en la madera.

Los pasos a seguir en este procedimiento son los siguientes:

- 1.- Se cierra herméticamente la autoclave y se hace vacío para eliminar el aire del cilindro y de la madera.
- 2.- Sin romper el vacío, se permite el paso del preservador.

3.- Por medio de la bomba de presión se inyecta el preservador hasta obtener la retención deseada.

4.- Se releva la presión y el preservador sobrante es extraído de la retorta.

El tiempo requerido para el tratamiento, dependerá de los siguientes factores:

- 1.- Especie de la madera que se va a tratar.
- 2.- Grado de zasonamiento de la madera. (Verde o sazónada)
- 3.- El grosor de la madera. (delgada o gruesa)
- 4.- La cantidad de albura que contenga. (La albura es más fácil de penetrar que el durámen)

b) PROCESO DE CELULA VACIA.

Este método es usado cuando se desea profundidad en la penetración con retención de preservador neto relativamente baja.

Es generalmente más usado para la impregnación con preservadores a base de aceites cuando se desea aumentar la penetración conservando el preservador. Difiere del proceso de Célula Llena en el vacío inicial; en vez de este, se introduce el preservador dentro de la retorta a la presión ambiente, para después inyectar el preservador. Los procesos de Célula Vacía son conocidos como:

- 1) Proceso Ruping.
- 2.- Proceso Lowry.

## 1.- PROCESO RUPING.

En este proceso se inyecta aire a presión dentro de la retorta para que penetre en las celdillas de la madera. Después el preservador se inyecta a presión, manteniendo el aire dentro de la retorta a una presión constante de  $100 \text{ lb/in}^2$  ó  $7.03 \text{ kg/cm}^2$ , o también el preservador puede estar almacenado en un tanque superior (Tanque Ruping) a la misma presión que la retorta, para que al comunicarlos, el cilindro se llene por gravedad y el aire sea desplazado. En ambos casos, una vez que la retorta se ha llenado con el impregnante, se utiliza la bomba de presión con el fin de forzar el preservador y comprimir el aire que se encuentra dentro de las celdillas. Cuando al fin la presión es relevada, el aire comprimido expulsa una pequeña porción del preservador. La cantidad del impregnante inyectada debió ser en ligero exceso para que con la expulsión final, la madera quedé ra con la retención deseada.

## 2.- PROCESO LOWRY.

Exceptuando la inyección inicial de aire a presión, este proceso es igual al de Ruping. Tampoco es necesario el tanque Ruping. Una variación del proceso de celdilla vacía es emplear gas propano líquido como vehículo para inyectar el preservador a la madera. El preservador se disuelve en el gas licuado y se inyecta a presión en la madera. Cuando el gas licuado se gasifica, el preservador se queda en la madera. La ventaja de este método es que la madera queda lim pia.

### 3.8.1 FACTORES QUE AFECTAN LA PENETRACION Y ABSORCION.

La efectividad y en última instancia la economía de un tratamiento son determinados por la vida de servicio de la madera, el criterio inmediato de lo adecuado del tratamiento es la cantidad de preservador absorbido y retenido en la madera y la profundidad a la cual ha penetrado.

La impregnación de maderas con preservadores esta influenciado por un considerable número de factores, que por conveniencia pueden ser clasificados en 3 grupos, de acuerdo a lo que esten relacionados:

- a) Anatomía de la Madera.
- b) La preparación de la Madera.
- c) El procedimiento de tratamiento.

Ciertos de estos factores, especialmente aquellos relacionados con el procedimiento de tratamiento son susceptibles a control y pueden ser variados para obtener los resultados deseados.

Otros, y particularmente aquellos que pertenecen a la anatomía de la madera, son inflexibles y pueden complicar el proceso de tratamiento. Impregnación de madera con preservadores para que pueda ser aceptada comercialmente involucra la penetración de la solución dentro de la estructura capilar y por lo tanto un flujo dentro de estos. La penetración dentro de los capilares y el flujo dentro de estos depende del tamaño de los capilares y el arreglo que tengan. El volumen de flujo de líquido por unidad de tiempo se incrementa directamente como la cuarta potencia del radio e inversamente como la longitud de los capilares. A causa de esto, el flujo bajo presión siempre ocurre

a través de los capilares y de estos en paralelo.

a) ANATOMIA DE LA MADERA.

Uno de los problemas más complejos relacionados con la impregnación de madera con preservadores, es la resistencia variada de diferentes especies y aún diferentes piezas de la misma clase de madera después de la impregnación. Solo mencionaremos los factores anatómicos más importantes que afectan la penetración y absorción, ya que la mayoría de ellos han sido mencionados con anterioridad.

- 1.- **Fibras:** La impregnación de madera depende generalmente de el movimiento de preservador a través de las cavidades de las traqueidas, al pasar de célula a célula son afectados por las estructuras en forma de valvulas conocidos como puntaciones aureoladas, la cual ocurre en pares en las paredes de las células adyacentes. Cuando estos orificios se encuentran cerrados obstruyen el paso del preservador y por lo tanto, la sección contigua queda sin preservar.
- 2.- **Canales de Resina:** Los canales de resina pueden facilitar el movimiento de preservador durante la impregnación de la madera, cuando estos no están llenos de resina, u otros materiales extraños, en el caso que contengan estos, dificulta grandemente el flujo de preservador dentro de la madera.
- 3.- **Vasos:** A causa de su estructura en forma de tubo, los vasos sirven como un pasaje natural para la conducción de preservador en la dirección del grano de la madera. De todos modos su efectivi

dad depende de que si estos, están libres de materiales extraños, su tamaño, número y distribución.

4.- Albura y Duramen: Como una regla general se dice que la albura puede ser más fácilmente impregnada que el Duramen, a causa de la impermeabilidad de que el duramen es mucho mayor que el de la albura y esto puede ser explicado, por alteraciones anatómicas, físicas y químicas durante el cambio de albura a duramen.

5.- Densidad: La densidad en la madera es sumamente importante puesto que esta nos indica el espacio libre disponible para llenarla con preservador, así por ejemplo, si una madera es muy densa tendrá poco espacio para ser llenada con preservador.

6.- Dirección y Penetración: Cuando la madera, es impregnada con penetración, mejor penetración es obtenida en los extremos que a los lados de las piezas. Esto es esperado en vista de la estructura de la madera.

Estudios hechos por Mac Lean muestran que la penetración longitudinal es de 10 a 20 veces más grande, que la penetración cuando la madera fue impregnada con creosota, y de 10 a 15 veces más con Cloruro de Zinc.

## B) PREPARACION DE MADERA.

Si se quieren obtener resultados satisfactorios en los tratamientos de madera, es esencial que la madera que va a ser tratada sea preparada adecuadamente.

1.- Forma y tamaño de la madera.- La forma en que la madera va a --

ser tratada, puede tener un efecto decisivo sobre la penetración y absorción adecuada.

Si toda la madera fuese penetrada, retenciones basadas en el volumen de la madera nos daría tratamientos comparables, dependiendo del tamaño de la pieza involucrada. De todos modos, muy pocas especies pueden ser completamente impregnadas en el duramen, aún en pequeñas piezas, y una considerable variación en la profundidad de la penetración resultan con maderas de diferentes longitudes y secciones transversales, recibiendo la misma retención de preservador por  $\text{mt}^3$ . Esta discrepancia en tratamientos, son debidos a variaciones en la relación de área a volumen en maderas de diferentes tamaños.

2.- Grupos de Materiales para tratamiento: La anterior discusión de los factores que afectan la absorción y penetración de preservadores nos indica la deseabilidad de incluir en un tratamiento dado, cargas de madera que tengan aproximadamente la misma susceptibilidad a impregnarse. Esto es, por ejemplo, se tratará de impregnar en un solo tratamiento maderas que tengan las mismas dimensiones, igual relación de duramen-albura, contenidos de humedad parecidos, etc.

### C) PROCEDIMIENTOS DE IMPREGNACION.

La naturaleza general de el proceso usado tiene considerable significancia en determinar, la cantidad de preservador absorbido y la profundidad a la cual son penetrados, pero las variables



individuales del tratamiento, como son, viscosidad del preservador temperatura, presión y tiempo son también importantes.

- 1.- Características del Preservador: El tipo de preservador usado puede tener un efecto pronunciado para la facilidad de ser impregnada la madera. Bajo condiciones similares de tratamiento, mejores penetraciones y absorciones son usualmente obtenidas con sales hidrosolubles que con preservadores aceitosos. La diversidad en absorción y penetración obtenidas con varios tipos de preservadores puede ser causada por la diferencia de viscosidades de los líquidos.
- 2.- Viscosidad y Temperatura: La viscosidad de un preservador dado es grandemente influenciado por su temperatura. Esto es particularmente importante en preservadores aceitosos a temperaturas ordinarias, y bajan considerablemente su viscosidad a altas temperaturas.  
  
Estudios que se han hecho con creosota, nos muestran que un incremento en la temperatura del preservador nos da mejores, re--tenciones y penetraciones. También se encontro que la penetración se incrementa con grandes temperaturas en tratamientos -- con mezclas de creosota y aceites de petroleo. Las temperatu -- ras más comunes usadas en los tratamientos a presión estan en el rango de 160-185ºF. Pero en maderas de alta resistencia a -- la impregnación son más favorables temperaturas de 190-210ºF.
- 3.- Presión: La cantidad de presión usada y el periodo de tiempo -- por el cual es aplicada son factores significativos en la im --

pregnación de madera.

Datos disponibles de experimentos, nos indican que cuando la presión es incrementada, las penetraciones y absorciones se ven también incrementadas.

Investigaciones, también nos muestran que moderadas presiones por largos tiempos de impregnación nos da mejores resultados que grandes presiones en periodos cortos de tratamiento.

En la actualidad, las presiones usadas en los procesos de célula -- llena y lowry, varían de 100 a 200 PSI, dependiendo de la facilidad que ofresca la madera a ser tratada, pero generalmente están en el rango de 120-175 PSI.

### 3.0 TECNICAS SENCILLAS PARA PRESERVAR MADERA.

Existe una diversidad tremenda en la cantidad y costos de los equipos necesarios para aplicar preservador a la madera. El más simple y el más barato es el tratamiento por brocha. En el otro lado de la escala están las plantas a presión muy elaboradas, provistas de gran cilindro de tratamiento y otras máquinas ya mencionadas que en conjunto rebasan un costo de 12.5 millones de pesos. Entre estos 2 extremos existen plantas de todos los grados de complejidad y costo.

En este trabajo vamos a tratar de dar algunas ideas para preservar la madera por métodos sencillos y baratos, para que así cualquier persona que desee impregnar la madera, lo pueda hacer sin tener la necesidad de llevarla a una planta de tratamiento que estaría fuera de su alcance, ya sea por su localización o por factores económicos.

3.0.1. Tratamientos por Inmersión.- Sumergir la madera en un baño de preservador, nos da un contacto más completo entre la madera y el preservador ocasionando esto una mejor penetración del preservador en la madera en relación al método de brocha. Los tratamientos por inmersión requieren algo más de equipo y más cantidad de preservador que el tratamiento por brocha. Un exceso de preservador se requiere para llenar el baño o tanque, este tratamiento puede ser antieconómico cuando solo un lote de madera va a ser tratada, pero cuando son varios lotes se vuelve muy económico.

Cualquier tanque que pueda soportar el peso de la madera y del preservador es adecuado para el tratamiento por inmersión, el tamaño del tanque dependerá del tamaño de la madera que va a ser tratada.

La duración de la inmersión puede variar de unos pocos segundos a días ó aún semanas. La calidad del tratamiento obtenido dependerá del tiempo por el cual la madera fue tratada, así como el preservador usado. Por ejemplo la figura 1 nos muestra (Pag. 5 MF3 22) nos muestra la penetración y absorción obtenidos a diferentes tiempos y con diferentes preservadores. Los resultados obtenidos a 3 minutos o menos serian los mismos que obtendrían si se usara el método de brocha en lugar del de inmersión. De igual forma, para obtener los mismos resultados de penetración con un preservador de baja viscosidad y uno de alta viscosidad necesitaríamos en este último un mayor tiempo de inmersión.

Incrementando el periodo de inmersión a dias o aún a semanas es posible obtener buenos resultados. En una madera de pino se obtuvo una penetración de cerca de 2.5 cm después de 3 días de tratamiento y una absorción de 5 lt de creosota por  $9.3 \text{ m}^2$  de superficie

### 3.C.2 BAÑO CALIENTE Y FRIO

Como se menciona antes, para obtener una impregnación efectiva a temperatura ambiente por un tratamiento por inmersión, requerimos largos periodos de tiempo. Mejores resultados pueden ser obtenidos en 24 horas por los procesos conocidos como baño caliente y ba-

ño frío. También el aparato usado consiste en un tanque abierto a la atmosfera, como en el caso del tratamiento por inmersión.

La madera es colocada en un baño de preservador caliente por algún tiempo, aereada y finalmente colocada en un baño de preservador frío.

El método de tratamiento es esencialmente el mismo para todas las especies, pero los tiempos variaran para obtener las absorciones requeridas de acuerdo a la especie y el tamaño de la pieza a ser tratada. El método general más detallado es como sigue:

La madera es sumergida en el preservador frío, y es calentada a una temperatura aproximada de 87°C y mantenida a esta temperatura por 1 ó 2 horas dependiendo del tamaño y de la especie que se esta tratando. Después la madera es pasada a otro tanque que contenga preservador frío y sumergida en este. La madera es entonces sacada y aereada, después de lo cual esta lista para usarse.

Un método más efectivo, pero que requiere mayor tiempo, es regresar la madera al tanque con preservador caliente y sacar la madera después de 1 a 3 horas que ha estado en el preservador caliente. Por este método una máxima penetración del preservador ocurre durante el periodo frío y una gran proporción del preservador absorbido es expedito durante el periodo de recalentamiento. Este método es particularmente adecuado para maderas muy resistentes a la impregnación. De hecho en este proceso se puede operar continuamente sin pérdidas de tiempo, ya que una nueva carga puede ser tratada inmediatamente después de que fue sacada la carga anterior del baño calien-

te y fue pasada esta al baño frío.

El método para calentar el preservador dependerá de las circunstancias. Si una corriente de vapor es disponible se puede hacer uso de ella, ya que por este medio se puede controlar mejor la temperatura y no se corre el riesgo si el preservador es inflamable.

Si no está disponible el vapor, el calentamiento tendrá que ser por fuego directo bajo el tanque y teniendo una chimenea al lado de ella, a pesar de estos cuidados se requerirá de mayor atención para evitar un posible fuego.

3.3.C Tratamiento por Difusión.- Los materiales necesarios para el tratamiento consisten en preservadores a base de sales, papel para cubrir e hidrometrar (gravedad específica de 1.2 a 1.4 y 1.4 a 1.6) .

Se necesita un abastecimiento de agua para empapar toda la madera que no esté verde y para preparar la mezcla de tratamiento.

El equipo necesario consiste en una cuba, un azadón, una aljofifa, varias tenazas y varios baldes grandes. La cuba se puede construir de la madera más sencilla y económica. Se pueden usar planchas de acero de 3/16 " (48 ) cortadas y soldadas para formar una cuba rectangular de 70 cms de ancho por 50 cms de profundidad y 30 cms más larga - que el madero más largo que ha de ser impregnado. El escupidero puede ser una plancha con bisagras conectada a la cuba que sirva de cubierta cuando no esté en uso la cuba. Un reborde de 5 cm alrededor de la orilla de la cuba se puede formar de un ángulo de acero de 5 cms. La cuba se puede montar en patines. La cuba también se puede construir de-

madera que esta esté bien seca. Una cuba con fondo redondeado para impregnación también puede hacerse cortando un tanque cilíndrico - del debido tamaño en dos mitades longitudinales, o cortando la tapa de un barril de acero, cortando el barril en 2 mitades longitudinales y luego soldando las 2 mitades para formar una unidad larga - continua.

La agitación continua necesaria de la mezcla de tratamiento en la cuba se puede lograr con un frecuente movimiento de un azedón , palo o escoba. Los maderos se pueden meter y sacar de la cuba ya -- sea manual o mecánicamente a lo largo o por un extremo de la cuba . Algunas cubas tienen transportadores a cadena para manejar los maderos por la mezcla de tratamiento.

Los maderos que han de ser tratados deben estar verdes. Esto - significa que no tienen más de 5 días de haber sido cortados. Si los maderos no están verdes tienen que ser empapados de agua manteniéndose sumergidos ya sea en algún lago o estanque o cuba por el espacio de 6 días. Cualquier especie de madera puede ser tratada con este método. Sin embargo se tiene que quitar la corteza. Los maderos se sumergen instantaneamente en el preservador y luego se retiran de la cuba y se colocan en el escurridero. No es menester empaparlos demasiado, lo unico que se requiere es aplicarles una capa superficial de la mezcla de tratamiento. Se dejan escurrir los maderos unos cuantos segundos y luego se amontonan.

Se requiere una agitación constante antes de cubrir los montones, es sumamente importante que a los extremos de los maderos se -

les aplique con una brocha el preservador.

La madera tratada es apilada juntamente con los extremos por fuerza. La primera hilera debe estar unas cuantas pulgadas sobre el suelo. Palos y maderos redondos se apilan en forma de piramide. Cada monton se cubre con papel. Antes de cubrir los lados de los montones se aplica preservador en cada uno de los extremos.

El papel se enrolla alrededor de los montones y se sujeta con cubrepuntas y se emplean piedras como pesas o tachuelas grandes. Se emplean maquinitas de manos de grapa u horquillas para sujetar bien el papel. Estos montones de madera se pueden cerrar bien a prueba de aire amontonandose tierra o aserrin alrededor de la base. Este método de cubrir tiene un doble propósito (1) evitar que la lluvia bañe el preservador de la superficie de la madera antes de que ésta haya tenido tiempo de impregnar y retener el contenido de humedad en la madera mientras que el preservador penetra las fibras interiores. Después de cubrirse, la madera debe permanecer amontonada por lo menos 6 semanas.

A las cinco semanas de estar un montón cubierta la base y los lados se pueden exponer al aire. Esto se hace rompiendose el papel en los lados solamente. Esto permite que se seque la superficie exterior de la madera sin que cese la impregnación (osmotica) química en las partes interiores de la madera.



### 3.C.4 PREPARACION DE MATERIAL PARA TRATAMIENTO.

La efectividad de la preservación de madera depende grandemente de su contenido de humedad y del tiempo de tratamiento. La madera deberá ser secada y para que los nudos no sigan desarrollandose después del tratamiento. El cuidado con que el material sea preparado ayudara a obtener mejores resultados en los tratamientos.

a) Pelado.- La corteza del árbol debe ser quitada para la mayoría - de los tratamientos. La corteza es muy resistente a la penetración de preservadores y favorece el ataque de insectos. La corteza puede ser quitada por medio de navajas o cuchillos procurando hacer siempre un pelado limpio.

b) Secado.- La madera debe estar lo más seca posible antes de ser - tratada. Para esto se hacen pilas de madera que permitan la circula - ción de aire entre cada pieza y procurando que las piezas de abajo no esten en contacto con la tierra. El tiempo de secado puede ser de 1 a 3 meses dependiendo de las condiciones climatológicas que impe- - ren.

c) Incisiones.- Las incisiones ayudan a una mejor penetración del -- preservador en la madera. Muchas pequeñas incisiones nos daran una penetración más uniforme que incisiones grandes y pocas.

Las incisiones se pueden hacer por medio de navajas, cuchillos etc.

## CAPITULO IV

## ESTADO ACTUAL EN MEXICO.

4.1. Desde su más remota historia se sabe que el hombre ha dependido de la madera tanto para fines de construcción como para otros -- múltiples usos; en todos los casos requiere piezas capaces de proporcionar la mayor duración posible. Antiguamente esta duración solo se podía obtener al usar las maderas llamadas de "larga duración," es decir, especies maderables que fueran naturalmente resistentes a los -- agentes deteriorantes. Ovbiamente esto resultaba sencillo y costeable en aquellas zonas en las que existieran dichas especies resistentes, pero practicamente imposible en aquellas en las que no se encontraran esas especies; por tanto en esas zonas se dependia unicamente de las existentes sin importar la vida útil que estas pudieran proporcionar.

Actualmente el hombre ha sido capaz de incrementar la duración y por lo tanto la vida útil de aquellas especies que más lo requieran utilizando diversos tratamientos (anteriormente descritos), los cuales se practican tomando en cuenta el tipo de especie en cuestión, el volumen de madera a tratar, el uso al que se ha de destinar la madera ya tratada, así como muchas más variables. En México existe una gran variedad de especies maderables, la Subsecretaría Forestal y de la Fauna proporciona datos, anuales de: producción forestal maderable por especies (Tabla No 1), producción forestal, maderable según el tipo de organización (Tabla No 2), producción forestal maderable según el tipo propiedad (Tabla No 3), y de la producción forestal maderable por enti

dad federativa (Tabla No 4) para el caso de aquellas especies de mayor existencia y que puedan ser aprovechadas como satisfactores de las necesidades locales y nacionales. Tomando en cuenta la producción forestal maderable por productos (Tabla No 5), y el destino de la producción maderable (Tabla No 6) se puede ver claramente la cantidad de madera disponible tanto para fines de construcción como ornamentales, notando que al referirnos a maderas de construcción, estas comprenden todo tipo de maderas estructurales), de estos dos el más importante será el de la construcción ya que es mayor el volumen de madera involucrada y por tanto será mayor el capital que represente. Los datos estadísticos disponibles acerca de la producción maderable por especies y productos se muestran en la tabla No 7, de modo que con estos, los referentes a la producción forestal maderable por grupos de productos (Tabla No 8) y los de maderas creosotadas (Tabla No 9) se puede ver la urgente necesidad de incrementar la industrialización de la madera, es decir aumentar el volumen de madera tratada con cualquier tipo de preservador y tratamiento.

De la gran variedad de preservadores y tratamientos existentes y usados en México se tiene que los principales, preservadores son la creosota, el pentaclorofenol y las sales CCA tipos A y B, así como sus derivados correspondientes.

De los principales tratamientos existentes se recomienda el más adecuado de acuerdo al tipo de agente preservador usado, las condiciones requeridas para su aplicación y el uso al que se destine la madera ya tratada; en ambos casos (preservador-tratamiento) deberán tomar

se en cuenta los factores económicos particulares.

Los principales productores de creosota son altos hornos y azarco; de pentaclorofenol son industrias registol (Por medio de Fenoquimia S.A. y Poli-quimia y de sales CCA (o cualquier hidrosoluble) son osmose y koppers.

Los principales consumidores de estos preservadores son Ferrocarriles Nacionales, Comisión Federal de Electricidad y Telefonos de México. Los datos que aparecen a continuación fueron proporcionados por algunos de los principales productores y consumidores.

#### 4.2.- Propiedades del Pentaclorofenol:

Peso Molecular - 266.4  
 Estado Físico - Escamas oscuras y cristales monoclinicos - sublimados.  
 Punto de Congelación - 175° C (Aproximado)  
 Punto de Inflamación - Ninguno  
 Punto de Ignición - Ninguno

#### Solubilidad a 25° C en:

Acetona - 53 g/100 g de solvente  
 Benceno - 15  
 Tetracloruro de carbono - 4  
 Creosota- 54  
 Alcohol de Acetona - 193  
 O Dicloro Benceno - 12  
 Dietilenglicol, metileter -163  
 Dipropilenglicol, metileter - 151  
 Dietilenglicol - 98  
 Eter - 158  
 Alcohol Etilico - 143  
 Aceite de linaza - 26  
 Metanol - 202  
 Aceite de Manitas - 22  
 Aceite de Oliva - 23  
 Aceite de Pino - 89  
 Poliglicol (PM=100)-95  
 Poliglicol (PM=750)-76

Aceite de soya - 35  
Tolueno - 10  
Aguarras -10  
Agua - menos de 0.1

Toxicidad: el polvo fino, las fumarolas o las aspersiones de las soluciones de pentaclorofenol causan irritaciones dolorosas en los ojos y en los conductos respiratorios superiores (pero aparentemente dichos polvos y fumarolas, en las concentraciones usadas no son capaces de causar daños serios.) Los contactos prolongados y repetidos con la piel pueden llegar a causar irritaciones locales y superficiales: los procedimientos standard para prevenir contactos prolongados con la piel, contaminación accidental de los ojos y la eliminación de exposiciones a concentraciones dañinas de polvo, fumadas o aspersiones garantizan el manejo seguro del pentaclorofenol. (Ref. No 26)

4.3.- Propiedades de las sales a base de Cromo.-Arsenico CCA tipo A y B Tipo A: La denominación CCA tipo A incluye las Sales "Ascu" y al grupo "Greensalts" (El término "Ascu" deriva del contenido de arsenico (AS) y cobre (Cu) de este preservador, mientras que el nombre "Greensalts" proviene del color verdoso que adquiere la madera tratada con estas formulaciones) Este tipo de sales hidrosolubles poseen ciertas características que lo acreditan como buen agente preservador, tales son:

- a) Reaccionan químicamente con la madera.
- b) Este tipo de preservadores penetra las paredes celulares y no -

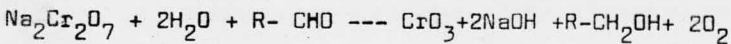
solamente los volúmenes y espacios intercelulares (como es el caso de los preservadores oleosos)

c) Tienen alta toxicidad a los hongos Xilofagos en general (excepto el grupo Poria) su toxicidad se debe principalmente al contenido de compuestos de cobre y de arsenico:

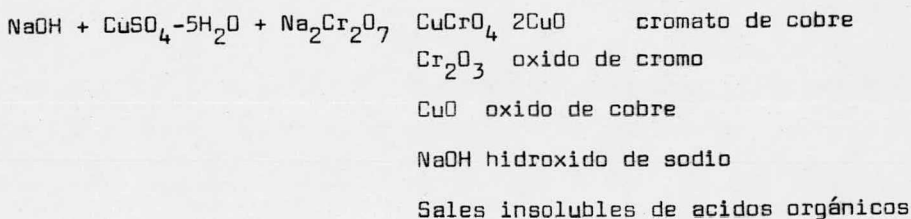
d) Tienen alto porcentaje de permanencia y por tanto baja lixiviabilidad gracias a su contenido de compuestos de cromo.

e) No son volátiles.

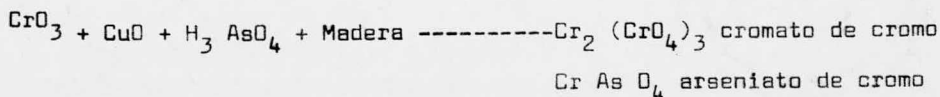
De todas estas propiedades, la mas importante es la reacción química que puede existir entre la madera y el preservador. El conocimiento de las reacciones y los productos formados en la madera se saben debido a experimentos de reacciones con glucosa y bloques de madera. En los primeros de esta se trata de ver si era posible producir precipitación o formación de compuestos insolubles por -- evaporación total de una solución de sal y volver a solubilizar. -- Los resultados fueron satisfactorios obteniendo una solubilidad ca si total. Para una solución de este tipo (A) en presencia de un -- agente reductor, como grupos aldehído (R-C=OH) ó hidroxido (OH<sup>-</sup>) se forman precipitados. Al emplear una solución de sulfato de cobre dicromato de potasio y glucosa como agente reductor se encontro que en primer lugar el dicromato de sodio en solución neutra reacciona con la glucosa para dar oxido de cromo insoluble y libera hidroxido de sodio es decir:



cuando el alcali libre reacciona con el sulfato de cobre y el dicromato se obtiene una mezcla de compuestos de cromato de cobre b $\acute{a}$ sico, oxido de cobre e hidroxido de sodio, adem $\acute{a}$ s sales de acidos organicos formados durante su oxidaci $\acute{o}$ n, es decir:



Tipo B.- Las propiedades de estos son las mismas que para el caso anterior.- El preservador representativo de este grupo es la sal Boliden k-33 constituido oxido cromico, oxido de cobre, acido arsenico y algunos inertes. Con respecto a la propiedad enunciada anteriormente como la m $\acute{a}$ s importante de estos preservadores.- la reacci $\acute{o}$ n qu $\acute{i}$ mica se dir $\acute{a}$  que los productos formados a partir de  $\acute{e}$ sta son casi identicos a los formados en el caso anterior, solamente difieren en que las reacciones son m $\acute{a}$ s directas por la ausencia de iones  $\acute{o}$  - potasio, en consecuencia la disociaci $\acute{o}$ n de iones hidrogeno y la reacci $\acute{o}$ n de los oxidos ser $\acute{a}$  m $\acute{a}$ s f $\acute{a}$ cil, adem $\acute{a}$ s por carecer del radical sulfato no se forman residuos de sulfato de potasio o de sodio es decir:



$\text{CuCrO}_4 \cdot 2\text{CuO}$  cromato de cobre

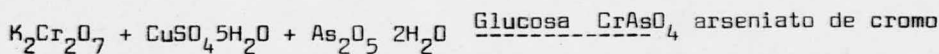
$\text{Cu}_3(\text{AsO}_4)_2$  arseniato de cobre

$\text{Cr}(\text{OH})_3$  hidroxido de cromo

$\text{Cu}(\text{OH})_2$  hidroxido de cobre

Otra diferencia es que este preservador (o los constituyentes de este grupo B), no es una sal seca, sino que su forma comercial es una pasta con 24% y 76% preservador (Ref. No. 27)

Otra reacción clásica es la ensayada con dicromato de potasio, - sulfato de cobre y pentóxido de arsenico (es decir Greensalt "K" ) - en presencia de glucosa (que es el agente reductor) donde se noto que se forma primero un precipitado, mezclada de compuestos de cromo y - arsenico principalmente con muy poca cantidad de sales de cobre: Al ir aumentando la cantidad de precipitados totales fue incrementando el contenido de sales de cobre por lo tanto el color de la solución - cambia de amarillo a verde oscuro. Finalmente se vera que al comple - tarse la inversión química el único residuo soluble fue el sulfato de potasio.



$\text{CuCrO}_4 \cdot 2\text{CuO}$  cromato de cobre.

$\text{Cu}_3(\text{AsO}_4)_2$  arseniato de cobre.

$\text{Cr}_2(\text{OH})_3$  hidroxido de cromo.

$\text{Cu}(\text{OH})_2$  hidroxido de cobre.

$\text{K}_2\text{SO}_4$  Sulfato de potasio.

Este tipo de preservadores, CCA tipo A, se presentan comercialmente en



forma de sales secas, granuladas, de color verde palido y son altamente solubles en agua.- Este grupo de preservadores esta formado por los llamados "Ascu" o Greensalt "K", Greensalt "S", y Greensalt "O" cuyas formulas y % se darán a continuación:

4.4.- Propiedades de la Creosota: La creosota, por ser un preservador obtenido generalmente como subproducto durante un proceso de destilación a elevada temperatura, sus propiedades y calidad varian -- enormemente dependiendo de: el rango de temperatura al que se ha detenido, el tipo de alquitran o gas destilado, el proceso de destilación usado, la importancia, cantidad y calidad de los productos principales, el tipo de industria productiva y muchos otros factores.

Este preservador es líquido cuyo color varia desde el café oscuro hasta el negro, su densidad es mayor que la del agua, su punto de ebullición varia desde 125°C, es insoluble en agua (ya que pertenecen al grupo de preservadores oleosos), soluble por tanto en agentes, es altamente tóxico a todo tipo de organismos destructores, variando esta propiedad según la proporción del destilado que se obtiene generalmente debajo de los 275°C,. A continuación se mostrarán datos estadísticos (de producción), así como algunas de las más importantes propiedades físico-químicas de éste producto.

4.5.- Usos generales de estos preservadores pentaclorofenol, Sales - CCl<sub>3</sub> (AyB) y creosota.

4.5.1.- Con respecto al pentaclorofenol diremos que se recomienda utilizar en aquellas maderas que estando sometidas a alto riesgo no presentan alteraciones notables en su color, olor, (estas se encuentran



determinadas por la adecuada elección tanto del solvente como del método de preservación), peso, y sobre todo en sus propiedades mecánicas (notando que en la preferente a estas últimas se requerirá, para cualquier tipo de agente preservador que no sean notablemente alteradas durante el proceso general de industrialización - por estas y otras razones, el pentaclorofenol se utiliza amplia y satisfactoriamente en todo tipo de estructuras aparentes tales como plataformas, puentes, pilotes, (mismos que preferentemente no deberán tener contacto íntimo con agua ya que la protección obtenida no se considera suficiente para resistir el deslave y la erosión, vigas, postes de teléfono, de transmisión, para cercas etc.), maderas para casa habitación, Etc. (Ref No. 26)

4.5.2. Una de las aplicaciones más importantes de las sales -- CCA (tipos A y B) es la que encuentran al ser señaladas como los preservadores más adecuados difíciles de reemplazar, maderas en las que se requiere alto poder de fijación y por lo tanto mínimas lixiviabilidad y evaporación y en general en todas aquellas piezas maderables en las que la reacción química entre la madera y el preservador sea la principal propiedad considerada. Este es el caso de las maderas usadas en torres de enfriamiento, las cuales son muy susceptibles a la pudrición, especialmente suave, y a presentar el fenómeno de lixiviabilidad debida a la presencia inevitable y constante de agua circulante; notando que esta es una de las pruebas más difíciles que deberá pasar cualquier madera tratada, y que en el ca-

so de la preserva con estas sales, la prueba ha resultado satisfactoria), maderas usadas en la construcción de casas habitación y ultimamente en maderas que han de tener contacto directo con alimentos de aves y ganado. (Ref. No. 27)

4.5.3.- La creosota, por ser el preservador más conocido, el más económico y en general por presentar algunas otras ventajas -- debidas a su tradición historica, es el impregnante que se ha utilizado con mayor frecuencia en el proceso de industrialización de madera, la mayoría de las veces sin considerar importantes aspectos con el uso final de la madera ya tratada, la especie de madera en cuestión, la penetración y retención minimas necesarias muchas otras más variables. Actualmente éste preservador encuentra sus -- usos más adecuados en plataformas, puentes, pilotes (preferente -- mente que no tengan contacto intimo con agua), vigas, postes ( de transmisión de telefonemas, para cerca, etc.), durmientes, cruces y en general en todo tipo de estructuras que no requieran ningún acabado especial. Es conveniente notar que los usos generales de este impregnante y los del pentaclorofenol son casi los mismos, señalando que la principal desventaja que presenta la madera creosotada es la de poseer coloración definitiva acompañada de una capa superficial aceitosa, mismas que no son tan significativas en el caso del pentaclorofenol, además de un mal olor.

4.5.1a Pentaclorofel: El pentaclorofenol se disuelve en solvente orgánico, generalmente derivados del petróleo, que van desde los más livianos como aguarras mineral hasta los pesados como los fuel oils.- La elección del solvente dependerá del uso al que este destinada la madera y el método utilizado para su preservación. Así - por ejemplo, para tratar puertas, ventanas, maderas de interiores, etc., que serán pintadas en breve plazo, se recurrirá a un solvente liviano como el aguarras, pudiendo aplicar el impregnante con , brocha de pelo o por inmersión en frío; cuando la madera no será - pintada, pero requiere ausencia de coloración, el solvente recomendado es del tipo gas-oil, o bien diesel-oil, pudiendo aplicar el - impregnante por el método de inmersión en frío, ó inmersión caliente-frío, en postes largos o cortos, durmientes, pilotes o vigas, - serán indicados los solventes más pesados con lo que se verá favorecida la acción protectora del pentaclorofenol. La preparación de la solución es muy fácil, ya que únicamente se agrega el preservador al solvente, que se remueve con un agitador o por bombeo; Es - conveniente calentar previamente el solvente a una temperatura de 40 ó 50 °C con lo que se ha de acelerar la disolución. Las soluciones impregnantes generalmente contienen 5% en peso del impregnante Cuando se dispones de medios para hacer un agregado de 5% de aceite de lino a la solución, se recomienda ya que mejorará la retención de manera notable y evita notoriamente el fenómeno de exudado, así como el agregar también agentes repelentes al agua que impartirán a la madera tratada mayor estabilidad dimensional y resistencia al

alabeo: El grado de impregnación esta relacionado con el tipo de tratamiento, dicho tratamiento varia de acuerdo a la clase de madera (especie), su contenido de humedad y aplicación a que se destine. En condiciones de humedad y temperatura no muy desfavorables - será suficiente obtener retenciones del orden de los 100 kg de solución impregnante por metro cúbico de madera tratada. En condiciones de humedad y temperatura más severas (madera en contacto con - tierra húmeda) será conveniente obtener retenciones del orden de 130 a 150 kg de solución impregnante por metro cúbico. Para maderas que no ha de encontrarse en contacto con el suelo y en ambientes no muy húmedos bastarán retenciones del orden de los 30 a 40 -  $\text{kg/m}^3$  en todos estos casos serán referidos los datos a un 5% en peso impregnante. El tipo de madera preservada generalmente con este impregnante pertenece al grupo de las Gimnospermas, y en especial las coníferas, (notando que esto es general para cualquier tipo de preservador y por ser general se dirá que existen algunas especies que aún cuando pertenecían al grupo de Angiospermas son igualmente preservadas con éstos agentes). El volumen de madera que se pueda tratar dependerá de las limitaciones particulares implícitas del - método de trabajo seleccionado. (Ref. No. 26)

4.5.2b Las sales CCA tipos A y B, por pertenecer al grupo de preservadores hidrosolubles son obviamente solubles en agua (e insolubles en solventes oleosos derivados del petróleo) La solución preservadora se prepara conservando una proporción de 1:1, es decir 1 kg de preservador en 1 litro de solvente, notando que para incrementar la solubilidad de esta sal se recomienda calentar el solvente a 30 ó 40 ° y agitar manual o mecánicamente; una vez hecho esto se podrá iniciar el tratamiento. Este tipo de impregnantes se recomienda aplicar por métodos de inmersión en frío, inmersión en caliente-frío y procesos con presión, ya que para el caso de aplicación con brocha de pelo o atomizador se considerará únicamente como un proceso de mantenimiento por su baja retención y penetración; Esto se podrá generalizar para cualquier tipo de impregnante.- La madera tratada con este tipo de preservadores encuentra sus usos más prácticos como ya se dijo en casas - habitación (puertas, ventanas, tejados, muros aparente, etc.), maderas labradas o no, postes largos o cortos etc. Este tipo de impregnantes proporcionan generalmente rendimientos cercanos a 1.5 m<sup>2</sup>/litro para tratamientos de inmersión y de 4.0 m<sup>2</sup>/litro para tratamientos con brocha de pelo o atomizador (dependiendo obviamente del tipo de madera y contenido de humedad inicial de ésta). Dentro de las principales ventajas que presenta con este tipo de agentes se podrían señalar las siguientes: la madera queda limpia, resistente a la pudrición, repelente a insectos y termitas, no presenta variaciones considerables en su peso, color y olor, y otras más. (Ref. No 26 y 27).

4.5.3c La creosota.- Es soluble en cualquier tipo de solventes derivados del petróleo, en el petróleo, aceite de antraceno ó -- carbolineum, alquitran de hulla, etc. La solubilidad de la creosota en estos solventes es casi la misma por lo cual el criterio que determinará su selección es el grado de efectividad (retención, penetración, toxicidad, etc.), o bién algún aspecto economico (disponibilidad, costo, etc.) notando que cuando lo utilizan soluciones del tipo creosota-aceite de antraceno, creosota-alquitran de hulla y creosota-petróleo (al 50% c/u los compuestos químicos que existían a temperaturas ordinarias son removidas para dejar unicamente el aceite líquido lo que ocasiona una reducción en el calor de evaporación, se disminuye notoriamente el costo y la tendencia de la madera a agrietarse pues las superficies de esta (ya tratada) son más aceitosas, la penetración es mas difícil, la toxicidad disminuye notoriamente y la exudacion o sangrias aumentan. Los tratamientos usados com mayor frecuencia son del tipo de inmersión (en frio o en caliente-frio), aún cuando para los casos en que se requiera mayor penetración y retención se recomiendan procesos con presión, notando que en el caso específico, estos se podrán determinar facilmente -- con solo una inspección visual de la pieza tratada pues este preservador le imparte coloración oscura fija típica ( que va del cafe - obscuro al negro.) La madera una vez tratada con este impregnante se usa amplia y satisfactoriamente en puentes, plataformas, postes (largos o cortos), durmientes, crucetas, pilotes (en contacto con agua o tierra), transportes ferroviarios y muchos más. El volumen de

madera tratada con creosota es muy grande (mostrado anteriormente ya que este preservador-como ya se dijo- es el más conocido, y el más usado. (por lo que solo se encuentran datos estadísticos de los tratamientos con éste preservador.)

#### 4.6.- PRINCIPALES PRODUCTORES DE ESTOS PRESERVADORES.

El pentaclorofenol- como ya se dijo- es producido a escala industrial principalmente por industrias Resistol A.A. y Polaquimia S.A. en donde generalmente se presenta empaclado en bolsas de 4.54 kg y cuñetes de 50 kg costando aproximadamente (a Ferrocarriles Nacionales) \$ 36.50 la bolsa y \$ 400.00 el cuñete. El pentaclorofenol sirve de base para la fabricación de muchos preservadores comerciales, en los cuales con solo variar el tipo de solvente, tipo y concentración de insecticida, o en general, alguna condición del proceso de elaboración sin que esto ocasione alteraciones determinantes en el principio activo o en el mismo proceso, se podrá presentar en el mercado nacional un nuevo preservador con el nombre más adecuado a los intereses de la empresa fabricadora; este es el caso de muchos de los preservadores mencionados a continuación= Pentatox "S": (que es un preservador a base de pentaclorofenolato de sodio soluble -- 100% en agua, presentado en forma de sal seca y empacado de la forma anteriormente descrita, notando que una bolsa de este preservador - puede proporcionar 400 litros de solución preservadora lista para - iniciar el tratamiento, recomendado que durante la época de lluvias se incrementa dicha cantidad de preservador a 6.8 kg para la misma



cantidad de solvente con lo que cada 100 litros de solución preservadora sirvan para 2.5 lt. de madera en tabla dependiendo esto del tipo de madera en cuestión. En caso de que la madera así tratada se deba almacenar por un periodo mayor a una semana se recomienda aumentar la dosis del agente preservador entre 1.5 y 2.0 veces lo indicado anteriormente. Cuando la madera haya de tener contacto con el suelo y el existan insectos como el escarabajo mabrosia, lyctus u otros - se recomienda agregar un insecticida como el pentacide, a base de hexaclorociclohexono en proporción de 2.5 litros de este por cada 9 kg y 200 litros de solvente)= Pentatrol: ( que es un preservador líquido, en ocasiones considerado como una solución de pentaclorofenol en un solvente oleoginoso derivado del petróleo, el cual es muy resistente al deslave, de baja presión de vapor con lo que asegura -- una buena retención y fácil penetración.- Este preservador se recomienda aplicar por medio de procesos con presiones cercanas a los  $14 \text{ kg/cm}^2$  , manteniendola constante durante 8 horas aproximadamente con lo cual se obtendrán retenciones entre los  $110 \text{ kg/m}^3$  y los  $190 \text{ kg/m}^3$  y penetraciones entre 3.5 y 9.0 cms. Cuando se disponga del equipo - necesario para practicar este tipo de tratamientos deberá recurrirse a los procesos sin presión, específicamente a los de inmersión, recomendando de estos el baño-caliente-frío en el cual el baño caliente deberá estar a una temperatura que variara entre los 80 y 100°C ; el tiempo de permanencia de la madera en este baño variara entre 1 y 4 horas y en el baño frío dependera de si el tratamiento es prolongado variara entre 8 horas o menos y 7 días o más para el caso de

ser rapido variara entre 3 y 15 minutos, notando que si se elige el método prolongado generalmente durante las primeras 24 horas se absorbe la mitad de la cantidad total posible y al cabo de 2 o 3 dias la retención llegara a estar entre los 60 y 100 kg/m<sup>3</sup>; al aplicar - por este metodo debera tenerse cuidado de que la madera no este muy seca ni haya empezado a pudrirse ya que de ser así, las retenciones seran exageradas pudiendo llegar a los 32.0 kg/m<sup>3</sup>. En el método de inmersión rapida las absorciones variaran entre los 8 y los 17 litros/m<sup>3</sup>; En cualquiera de estos metodos las retenciones y penetraciones varian en las formas indicadas dependiendo del tipo de madera en cuestion y del contenido de humedad inicial de la pieza. La - madera asi tratada no será facil de pintar pues en su superficie -- existira una ligera capa aceitosa, por lo cual sus usos se veran de terminados por esta situación).- Pentamadera (La principal ventaja y propiedad de este radica en que no obstante el hecho de ser soluble en solventes oleginosos, la madera tratada con este no presenta superficies aceitosas, con lo cual se le puede aplicar cualquier tipo de acabado, razón por la cual esta madera se utilizara en todo - tipo de muebles finos) Pentatox "L" (el principio activo y propiedades generales de este preservador son identicas a los del producto llamado Pentatrol, radicando su principal y unica diferencia en el solvente usado, ya que el pentatrol "L" utiliza uno que evita la presencia de la capa aceitosa en la superficie de la madera ya tratada, con lo cual sus usos dependerán directamente de esta propiedad y serán semejantes a los de la madera tratada con el producto llamado Pentamadera. (Ref. No 26)

4.6.2.- Las sales CCA tipo A estan compuestas principalmente por las formulaciones siguientes:

a) "Ascu :Greensalt K"	dicromato de potasio	$K_2Cr_2O_7$	56 %
	sulfato de cobre	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	33 %
	pentoxido de arsenico	$As_2O_5 \cdot 2H_2O$	11 %
b) "Greensalt S "	dicromato de sodio	$Na_2Cr_2O_7 \cdot 2H_2O$	56 %
	sulfato de cobre	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	33 %
	pentoxido de arsenico	$As_2O_5 \cdot 2H_2O$	11 %
c) "Greensalt O"	oxido cromico anhidro	$CrO_3$	56 %
	carbonato hidroxido de cobre.	$2CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$	25 %
	pentoxido de arsenico	$As_2O_5 \cdot 2H_2O$	19 %

Las sales CCA tipo B estan representadas satisfactoriamente por la formulación siguiente:

a) "Sal Boliden k33"	Oxido cromico	$CrO_3$	27 %
	Oxido de cobre	$CuO$	15 %
	Acido arsenico	$H_3AsO_4$	42 %
	inertes		16 %

Los datos comerciales que aparecen a continuación fueron proporcionados por Osmose para estos tipos de sales:

b) Osrose k-33: es un preservador en solución a base de cromo-cobre arsenico. Se puede aplicar a madera labrada o no recomendando para esto tratamientos a presión para maderas estructurales y ornamentales.

c) Osrose C-55: Es un preservador en solución a base de cromo-cobre arsenico; se recomienda aplicar por tratamientos a presión, la madera tratada queda limpia, resistente a la pudrición, repelente a termitas e insectos, no presenta variaciones considerables en su peso ni en su olor. Su principal uso es en el almacenaje de productos -- agrícolas y avícolas.

d) Osrose OZ: Este preservador esta formado principalmente por un insecticida (aldrin), un ingrediente activo a base de oxido terbutil-estannoso (butinox el cual ayuda a que el aldrin penetre e impregne las fibras, un aditivo aceitoso que impide la facil absorción de húmedad. Para la aplicación correcta de este preservador se recomiendan tratamientos de inmersión o de brocha. La principal ventaja de este preservador es la de ser incoloro e inodoro.

e) Osrose k-8: es un preservador a base de quinolanolato 8 de cobre repelente al agua u altamente fungicida.- Se recomienda aplicar por tratamientos de inmersión y brocha. Este preservador al igual que el OZ proporcionan rendimientos cercanos a los  $1.5 \text{ m}^2/\text{litro}$  para tratamientos de inmersión y de  $4.0 \text{ m}^2/\text{litro}$  para los de brocha. Estos - preservadores, OZ, K-8, se presentan comercialmente en latas de 4 -

litros, cubetas de 19 litros y tambores de 200 litros .- El k-8 encu  
entra sus usos más adecuados en base a la propiedad de no dañar ni -  
contaminar los alimentos.

f) Osmosales (FCAB): Es un preservador en forma de sal hidrosoluble  
a base de fluor-cromo-arsenico-fenol que generalmente se usa en made  
ra verde o empapada en agua aprovechando el sistema osmotico estable  
cido entre la madera y el preservador, su aplicación puede hacerse -  
por métodos de inmersión y brocha notando que la madera tratada se -  
destina principalmente a fines estructurales. Para preparar este pre  
servador se debe diluir 1 kg de producto en 1 litro de agua fria man  
teniendo esta dilución en suspensión, después de aplicar la suspen -  
sión (por cualquiera de los dos métodos mencionados) se deja reposar  
la madera perfectamente aislada a la interperie durante un periodo -  
cercano a tres semanas: pasado este periodo de secado notando que es  
ta madera adquiere un color plateado-verde siendo usada principalmen  
te como agente estructural.

g) Existen otros productos como el osmose X-1663, que es una pintura  
protectora contra la inflamabilidad aplicable por métodos de inmer -  
sión, brocha o pistola de aire, siendo a la vez insecticida y fungi -  
cida proporcionando rendimientos cercanos a los  $2 \text{ m}^2/\text{litro}$  en trata -  
mientos de inmersión. Otro producto del tipo es el osmoplastie que -  
es un preservador utilizado cuando la madera ha de estar en contacto  
con la tierra, expuesta a fuertes ataques de termitas, hongos, y hume -  
dades, generalmente se usa en puentes, plataformas, postes, durmien -  
tes y casas habitación (Ref. No. 26 y 27)

4.6.3 De los grandes productores de creosota, Altos Hornos y Azarco el primero es el que aporta al mercado nacional la mayor parte como - se verá a continuación: La creosota ahí producida es obtenida como un subproducto de mediana importancia, durante un proceso de coquización efectuando en su planta de Monclova.- Los datos estadísticos de producción de este impregnante son:

Durante 1976 se obtuvo un promedio de 950 ton/mes.

Durante 1977	Enero	1014	ton/mes
	Febrero	1189	" "
	Marzo	1120	" "
	Abril	986	" "
	Mayo	1019	" "
	Junio	877	" "

Dentro de las principales especificaciones existentes para este producto se encuentran:

Humedad	0.2 % min	3.0% max
Coque residuo	0.82 %	2.0%
Peso Especifico a 38/15.50 C	1.03	1.07
Materia insoluble en benceno	0.02%	0.5%
Compuestos fenolicos	0.5	

Destilados a 760 mmhg y:

2100 C (2.8%) de 0 % a 5%

2350 C (10.5%)	de 5% a 25%
2700 C (35.0%)	de 20% en adelante
3550 C (40.2%)	de 60% a 85%

Peso específico a 38/15.50 C de las fracciones entre:

235-3150 C	1.033 min	1.025 max
315-3550 C	1.095	1.085

El precio de la creosota, es de \$ 1.25 el litro independientemente del 4% STM y gastos por flete; (esto último se puede generalizar para cualquier preservador)

Nota: Fuente.- Entrevista realizada en Altos Hornos de Méx. "Depto. de Adquisiciones"

## C A P I T U L O V

## T A B L A S .

TABLA No 1 Producción Forestal Maderable por Especies.

Especie	Año	1970	1971	1972	1973	1974	1975
Pino		78.8%	79.0%	80.6%	80.0%	81.2%	80.4%
Encino		4.5	4.8	4.7	4.1	3.8	4.0
Oyamel		2.4	3.0	3.7	3.9	3.2	3.7
Preciosas		4.8	0.9	1.0	1.6	1.4	1.6
Otras		12.5	12.3	10.0	10.4	10.4	10.6

Fuente: Revista de Silvicultura '76 de la Subsecretaria Forestal y de la Fauna.



TABLA No 2

Producción Forestal Maderable por Tipo de Organización.

Tipo de Organización.	Volumen de corta 1974. M <sup>2</sup> de Rollo aprovechable.	% del Total.
Empresas Ordinarias con permisos ordinarios.	2200000.0	40.5
Empresas Privadas con Unidades Industriales de Explotación Forestal	1500000.0	22.5
Empresas Estatales con Unidades Industriales de Explotación Forestal	740000.0	11.0
Organismos Federales Descentralizados.	330000.0	5.0
Organismos Estatales Descentralizados.	320000.0	4.5
Empresas Ejidales	1100000	16.5

Fuente: Revista de Silvicultura '76 de la Subsecretaría Forestal y de la Fauna

TABLA No 3 Producción Forestal Maderaale Según el Tipo De Propiedad.

Tipo de Propiedad	Año	1970	1971	1972	1973	1974	1975
Particular		62.2%	56.5%	59.0%	51.1%	51.6%	45.2%
Ejidal		28.8	34.3	30.4	37.3	37.2	38.8
Comunal		6.4	7.4	9.4	10.0	9.8	11.7
Nacional		2.6	1.8	1.1	1.0	1.4	1.3
Estatal		-	-	0.1	0.6	-	-

FUENTE: Revista de Silvicultura '76 de la Subsecretaría Forestal y de la Fauna.

TABLA No 4 Producción Forestal Por Entidad Federativa  
(Equivalente en Miles de M<sub>3</sub>r)

Entidad	1970	1971	1972	1973	1974	1975	% en 1975.
Aguascalientes	7	-	-	-	1	1	-
Baja Calif. Nte.	11	9	6	8	8	3	-
Baja Calif. Sur	-	1	-	-	1	2	-
Campeche	79	49	54	69	84	71	-
Coahuila	1	1	2	3	5	11	-
Colima	1	2	4	4	5	3	-
Chiapas	399	293	292	238	320	228	3.3
Chihuahua	1668	1325	1590	1528	1605	1833	26.4
Distrito Federal	28	20	30	25	20	27	-
Durango	864	875	894	850	996	1109	16.0
Guanajuato	42	37	38	26	27	30	-
Guerrero	280	247	202	158	121	136	-
Hidalgo	1	-	-	8	3	-	-
Jalisco	510	497	543	608	704	732	10.6
México	115	192	249	268	232	321	4.6
Michoacán	480	548	611	897	1065	820	11.8
Morelos	40	19	33	45	28	21	-
Nayarit	35	72	24	49	53	43	-
Nuevo León	34	38	28	32	37	40	-
Oaxaca	354	348	374	401	518	524	7.6
Puebla	140	116	146	135	159	166	2.4
Queretaro	11	13	5	6	3	3	-
Quintana Roo	84	71	60	85	85	117	-
San Luis Potosí	310	272	238	225	205	213	3.1
Sinaloa	5	6	6	5	23	17	-

Entidad	1970	1971	1972	1973	1974	1975	% en 1975.
Sonora	57	57	44	65	71	75	-
Tabasco	39	43	52	55	61	32	-
Tamaulipas	125	133	77	90	76	93	-
Tlaxcala	-	2	7	14	8	5	-
Veracruz	92	80	68	75	96	204	2.9
Yucatan	61	21	12	16	11	12	
Zacatecas	10	34	30	27	40	41	

TABLA No 5

Producción Forestal Maderable Por Productos.Equivalente en Miles de M<sub>3</sub>

Producto	Año	1970	1971	1972	1973	1974	1975
Tablas y Tablones.		2448	2118	2265	2755	3024	2870
Leña para Celulosa		1199	1117	1165	1262	1489	1890
Carbón		542	494	481	415	366	387
Durmientes		405	340	360	445	482	531
Cortos		181	189	180	223	303	280
Cajas de Empaque		211	240	217	230	245	189
Trozos para Chapa		256	251	259	255	276	267
Otros Productos (1)		172	161	151	42	151	148
Escuadrados							
Brazuelo		153	124	85	101	101	425
Leña para Combustible		69	85	54	52	66	57
Otros Productos (2)		170	174	330	22	32	30
En rollo							
Pilotes		36	46	52	48	64	87
Cuadrados		19	18	17	16	30	21
Postes para Cerca		22	66	15	23	24	25
Postes para Lineas de transmisión		29	16	14	11	12	14
Total		5917	5421	5679	6015	6670	6933

Nota 1: Incluye palos para escoba, tiras y fajillas y otros

Nota 2: Incluye Morrillos, postes para telefono, trozas cortas y otros.

FUENTE: Elaborado por el Depto. de Economia de la Dirección Gral. para el desarrollo Forestal en Base a los Anuarios de la Producción Forestal de México (SFF, SA6)

TABLA No 6

Destino de la Producción Maderable.

Destino	Año	1965	1970	1974
Construcción		49.9%	48.0%	51.2%
Celulosa		17.0	20.2	22.6
Ferrocarriles		8.9	6.8	7.2
Electricidad y Telefono		0.4	0.8	0.4
Empaques		2.6	3.6	3.7
Chapa y Triplay		3.3	5.6	4.1
Combustible y Vegetal		16.1	13.0	8.2
Diversos Usos		2.8	2.4	2.6

FUENTE; Revista de Silvicultura '76 de la Subsecretaría Forestal y de la Fauna.

TABLA No 7 Producción Maderable por Especies y Productos en 1971.

Productos con Escuadra y Aserrados

Durmientes de Cambio - 4337 (Pino)  
 Durmientes Ordinarios-135340 (Pino) 100  
 (Encino)690  
 (Ahuehuete)

Productos con Escuadra Labrados

Durmientes de Cambio - 38 (Especies Tropicales)  
 Durmientes Ordinarios - 7130 (Encino) 22109  
 (Especies Tropicales)

Productos en Rollo

Postes Industrializados (Creosotados) -200 (Pino)  
 Postes para Cimentación -1411 (Pino)  
 Postes para mina -37840 (Pino) 6312 (Encino)  
 Postes para Cerca -57563 (Mangle) 7391 (Especies Tropicales)  
 Postes para Transmisión 16217 (Pino)  
 Postes para Telefono 13998 (Pino)

Fuente: Memoria Economica 1972-1973 De La Camara Nacional de Industrias  
 Derivadas de la Silvicultura (CNCOS)

TABLA Np. 8 Producción Forestal Maderaable Por Grupos de Productos.

Grupo de Productos	(10 <sup>3</sup> unidades)	1970	1971	1972	1973	1974	1975
Aserrados	M <sup>3</sup>	1647	1502	1564	1943	2075	1968
	\$	817687	732059	763186	1973691	2428546	2991340
Acepillados y Pulimentados	M <sup>3</sup>	11	7	7	7	7	4
	\$	5836	3775	3636	6691	8392	5107
Industrializados	M <sup>3</sup>	1	2	2	1	2	4
	\$	551	771	734	755	1814	4587
Labrados	M <sup>3</sup>	73	33	33	40	39	47
	\$	21924	10491	13315	27045	28411	38145
Rollizos	M <sup>3</sup>	2975	2353	2480	2189	2435	2888
	\$	510889	460932	528572	478366	623032	719080
Total Equivalente	M <sup>3</sup>	5917	5421	5679	6015	6671	6933
Valor Total	\$	1356887	1203028	1314442	2486548	3090195	375825

Fuente: Elaborado por el Depto. de Economía de la Dirección Gral para el desarrollo Forestal en Base a los Anuarios de la Producción Forestal.



TABLA No. 9 Maderas Creosotadas Durante el año de 1973.

Productos	Piezas	Metros Cúbicos.
Durmientes	753626	66224.388
Madera para puentes	Diversas Medidas	3587.890
Juegos de Cambio	Diversas Medidas	3036.431
Pilotes	Diversas Medidas	2515.057
Taquetes	1189491	24.826
Crucetas	3964	156.910
Postes	Diversas Medidas	450.156

Nota: Cruceta Standard de  $10 \ 3 \ 1/4 \ * \ 4 \ 1/4$   
y juego es de 62 piezas.

Fuente: Anuario de la Producción Forestal de México 1974.

## CAPITULO VI CONCLUSIONES.

En base a la definición de agente preservador, que indica las propiedades necesarias para que estos puedan ser considerados como tales, mismas que entre otras destacan por su importancia las de, - ser sustancias toxicas, con gran poder de penetración, poder encontrarse en cantidad suficiente, ser facilmente retenidos por la madera.- es decir tener gran resistencia a fenomenos como el de exudado eflorado, lixivialidad, etc.- y otras mencionadas y descritas a lo largo del texto, se puede ver la complejidad de estos agentes impregnantes. Dicha complejidad a su vez implica mayores exigencias al - equipo necesario para los diversos tratamientos de preservación y - obviamente mayor capacidad del personal y empresas del ramo.

Principalmente por poner al alcance de todas las personas y empresas relacionadas con este tema, el suficiente material e información bibliográfica junta, como para elevar su nivel técnico-práctico, es por lo que se considera esto un gran logro del presente trabajo notando que la realización de dicho incremento se verá condicionada al interes particular de personas o empresas que al mismo dediquen.

Por otra parte, y basados en datos estadísticos proporcionados dentro de esta misma recopilación, se podrá ver la importancia que esta industria reviste dentro de un futuro inmediato para la nación entera así mismo se verá la necesidad de promoverla y actualizarla de un modo general. Estas son algunas de las principales razones -

por las cuales establecemos como conclusión global del trabajo, aquella que indica que, al incrementar el actual nivel técnico-práctico del personal en general, y efectuar una promoción nacional adecuada se han de obtener resultados a corto y largo plazo, que representaran factores definitivos dentro del anhelado progreso del México actual.

1. Kollman, Franz F.P. and Wilfred A. Cote Jr. (1968)  
"PRINCIPLES OF WOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY"  
Solid Wood.- Springer-Verlag; New York - 592 p.-
2. Panshin, A.J.; Carl de Zeeuw and H. P. Brown (1964)  
"STRUCTURE, IDENTIFICATION, USES AND PROPERTIES OF THE  
COMMERCIAL WOODS OF THE U. S. A. "Second Edition.  
Textbook of wood technology.- Volume I  
Mc. Graw Hill Book Co. New York, N.Y.- 643 p
3. Echenique - Manrique, Ramón (1971)  
"CARACTERISTICAS DE LA MADERA Y SU USO EN LA CONSTRUCCION"  
Serie, Maderas de México.  
Cámara Nacional de la Industria de la Construcción y Cámara  
Nacional de las Industrias Derivadas de la Silvicultura.-  
México, D. F. 173 p-
4. Kollmann, Franz, F.P. and Wilfred A. Cote Jr. (1968)  
"VARIABILITY OF WOOD WITHIN A SPECIES"  
Solid Wood.- Springer-Verlag; New York, N. Y.  
ASIM.- American Society for Testing and Materials (1976)
5. Leutritz, John Jr. (1966)  
"QUALITY CONTROL LABORATORY, THE TREATING PLANT AND THE  
CONSUMER"  
American Wood Preservers Association.
6. Anónimo.- (1962)  
"THE PRESERVATIVE TREATMENT OF FENCE - POST BY NON PRESSUCE  
PROCESSES" Bulletin No. 106 y 107 la. Revisión.
7. Graham, D. Roberth and Miller J. Donald (1966)  
"PRESERVATION OF WOOD FOR HOME AND FARM"  
Forest Products Laboratory-Oregon State University Corvallis-  
7p-
8. Bryan, J. and Purslow, D. F. (1961)  
"NON-PRESSURE METHODS OF APPLYING WOOD PRESERVATIVES"  
F. P. R. No. 31 Record. J.M.S.O.- London.

9. Cockcroft, R. (1971)  
"TIMBER PRESERVATIVES AND METHODS OF TREATMENT"  
Forest Products Res.- Laboratory Princess Risborough  
Timber Lab Papers No. 46.- 6p-
10. Anónimo (1964)  
"CHEMICAL TREATMENT OF WOOD WITH BORON COMPOUNDS"  
F.P.R.I. Technical Note No. 58.- College Laguna.-4p-
11. Sedzlak, H.P. and J. Krzyzewsky  
"A COMPARISON OF THREE METHODS OF PRESERVATIVE TREATMENT  
FOR NINE TIMBERS"  
Proceedings of the American Wood Preserver's Association  
Vol. 64; 211-214 p
12. Smith, D. N. and R. Cockroft (1961)  
"THE PRESERVATIVE TREATMENT OF HOME TIMBERS BY DIFFUSION"  
Wood.- Vol. 26: 490-492 p
13. Anónimo.-  
"INSTRUCCIONES GENERALES PARA LA PRESERVACION DE MADERA \*  
VERDE CON OSMOSALES"  
Centro Tropical de Investigación y Enseñanza  
Turrialba, Costa Rica
14. Anónimo.- (1961)  
"SAL BOLIDEN K-33"  
Bolidens Grvaktiebolag
15. Sedziak, H.P.; J.K. Shields, and J. Krzyzsuisky (1970)  
"EFFECTIVENESS OF BRUSH AND DIP PRESERVATIVE TREATMENTS  
FOR ABOVE-GROUND EXTERIOR EXPOSURE OF WOOD"  
J. Int. Brodetn Bulletin.- 6(4).- 149-155 p
16. Morgan, J.W.W. (1973)  
"CHECKING THE PRESERVATIVE TREATMENT OF WOOD"  
B.R.E. Information.- Princess Risborough - 3 p

17. Tambllyn, N; S.J. Colwell and G. N. Vickers (1968)  
"PRESERVATIVE TREATMENT OF TROPICAL BUILDING TIMBERS  
BY DIP DIFFUSION PROCESS"  
Ninth British Commonwealth Forestry Conference, C.S.I.R.O.  
Australia Division of Forest Products Reprint No. 725
18. Yapur, Carlos R. (1966)  
"COMO PROLONGAR LA VIDA DE LOS POSTES DANDOLES UN TRA-  
TAMIENTO ADECUADO"  
Oficina de Postes.- Comisión Federal de Electricidad.-  
México, D. F. 28 p-
19. Osmose Wood Preserving Co. (1967) y (1963) respectivamente.  
"PRESERVACION DE MADERA Y "OSMOSE K-33"  
Curso por Correspondencia.- Osmose Mexicana, S. A. de C. V.  
México, D. F. 66 p-
20. Anónimo  
"FOREST PRODUCTS JOURNAL"  
Vol. XXIV de 1974
21. Hunt, G M, and Garratt G. A. (1953)  
"WOOD PRESERVATION"  
Mc Graw Hill Book Co. New York, N.Y.- 402 p-
22. ASTM "STANDARDS" Parte 16.- Wood Adhesives Philadelphia-358p
23. AWPA American Wood Preservers Association (1973)  
"BOOK OF STANDARDS" Washington, D. C.
24. Walters, C.S. (1951)  
"EXPERIMENTAL TREATING PLANT BUILT AND DIXON SPRINGS"  
University of Illinois, Depto. of Forestry; Forestry note  
No. 23 - 4p
25. Anónimo  
"ARCHITECTURAL OPPORTUNITIES SEMINAR"  
Reporte Informativo

26. Anónimos (1967)  
"TRATAMIENTOS PARA MADERA Y PENTARIN, FUNGICIDA INDUSTRIAL"  
Aportaciones Científicas de la Biblioteca de la Polakimia  
S. A. de C. V.  
México, D. F.
  
27. Pinson - Picaseño, Luis M. y Echenique - Manrique, Ramón  
(1976)  
"PRESERVADORES A BASE DE COBRE, CROMO Y ARSENICO SU FILIA  
CION EN LA MADERA Y SU EFECTO SOBRE LOS HONGOS XILOFAGOS"  
Bolehn Divulgativo No. 39, S.A.G. y I.N.I.F. México D. F.  
16 p