



***CONVENIO INTERINSTITUCIONAL
ARTESANÍAS DE COLOMBIA S.A.
CORPOAMAZONIA
GOBERNACION DEL PUTUMAYO***

***SECADO Y PRESERVACION DE MADERAS
APROVECHABLES ARTESANALMENTE
EN EL VALLE DE SIBUNDOY***

***RAFAEL VASQUEZ RESTREPO
Diciembre de 1997***

CONTENIDO

Pag.

PRESENTACIÓN.

1. OBJETIVOS GENERALES.....	1
2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	1
3. GENERALIDADES.....	1
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	2

SECADO Y PRESERVACIÓN DE MADERAS.

1. CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE LA MADERA.....	5
1.1. Generalidades.....	5
1.2. Planos en la madera.....	6
2. ESTRUCTURA MACROSCOPICA.....	6
2.1. Corteza.....	7
2.2. Cambium Vascular.....	7
2.3. Madera o Xilema.....	7
2.3.1. Anillos de crecimiento.....	7
2.3.2. Albura y Duramen.....	10
2.3.3. Radios Leñosos.....	11
2.4. Medula.....	11
3. ESTRUCTURA MICROSCOPICA.....	11
3.1. Maderas Latifoliadas.....	11
3.2. Maderas Coníferas.....	12
3.3. Estructura Submicroscopica.....	12
4. CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS.....	13
5. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA MADERA.....	14
6. EL AGUA EN LA MADERA.....	14
6.1. Clases de Agua en la Madera.....	15
6.1.1. Agua Libre.....	15
6.1.2. Agua de Saturación.....	15
6.1.3. Agua de Constitución.....	15
6.2. Determinación del Contenido de Humedad en la Madera.....	16
6.2.1. Método de Secado en Estufa.....	16
6.2.2. Métodos Eléctricos.....	18
7. PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MADERA.....	18
7.1. Densidad o Peso Específico.....	18
7.2. Contracción e Hinchazón.....	19
7.3. Propiedades Eléctricas.....	20
8. DURABILIDAD NATURAL DE LA MADERA.....	20
8.1. Conceptos Básicos de Durabilidad Natural.....	20
8.2. Métodos para Determinar la Durabilidad Natural de la Madera.....	22
8.3. Durabilidad Natural y Tratabilidad de algunas Maderas.....	23
9. AGENTS DESTRUCTORES DE LA MADERA.....	24
9.1. Agentes Destructores de origen Biológico.....	24
9.1.1. Daños Causados por Bacterias.....	24
9.1.2. Daños Causados por Hongos.....	24

9.1.2.1. Factores que influyen en Desarrollo de los Hongos....	26
9.1.3. Daños Causados por Animales.....	29
9.1.3.1. Insectos Xilofagos.....	29
9.1.3.2. Perforadores Marinos.....	33
9.2. Agentes Destructores de origen no Biológico.....	33
10. PREPARACIÓN DE LA MADERA ANTES DE SU PRESERVACIÓN.....	34
10.1. Descortezado.....	35
10.2. Secado de la Madera.....	36
10.2.1. Formas en que se Seca la Madera.....	37
10.2.1.1. Secado Natural de la Madera.....	38
10.2.1.2. Secado Artificial de la Madera.....	39
10.2.2. Selección de la Madera y Apilado.....	39
10.2.2.1. Clasificación.....	40
10.2.2.2. Apilado.....	41
10.2.3. Muestras para el Control de Secado.....	43
10.2.3.1. Control Manual.....	43
10.2.3.2. Control con Electrodo.....	45
10.2.4. Registro de los datos de Secado.....	46
10.2.5. Control de Calidad.....	46
10.2.6. Defectos de Secado, Causas y Control.....	46
10.2.6.1. Contracción.....	47
10.2.6.2. Defectos Ocasionados por Reacción Química.....	49
10.2.6.3. Defectos Causados por ataque de Hongos.....	49
11. PRESERVANTES PARA MADERA.....	50
11.1. Requisitos de un Preservante.....	51
11.2. Clasificación de Preservantes para Madera.....	52
11.2.1. Creosotas.....	53
11.2.2. Productos Orgánicos – Oleosolubles.....	53
11.2.3. Productos Inorgánicos – Hidrosolubles.....	54
11.3. Medición del Grado de Protección.....	56
11.3.1. Absorción.....	56
11.3.2. Penetración.....	58
11.3.3. Retención.....	59
12. PRESERVACIÓN DE LA MADERA.....	59
12.1. Tratamientos Profilácticos.....	59
12.1.1. Madera Rolliza.....	60
12.1.2. Madera Aserrada.....	61
12.2. Métodos de Preservación.....	62
12.2.1. Métodos sin Presión.....	62
12.2.2. Métodos con Presión.....	65
12.2.3. Métodos Especiales.....	66
12.3. Equipos para Preservación de la Madera.....	66
BIBLIOGRAFIA.....	70
APENDICE.....	71
1- Asistencia de participantes en porcentaje.	
2- Asistencia diaria de participantes.	

<i>CUADRO.....</i>	<i>72</i>
<i>1- Ejemplo de terminación del CH en Muestras de Control, para secado al aire libre.</i>	
<i>FIGURAS.....</i>	<i>73</i>
<i>1- Formación de la Madera en el Arbol.</i>	
<i>2- Sección Transversal de un Arbol - Albura y Duramen diferenciados.</i>	
<i>3- Estructura de la Madera de Latifoliadas.</i>	
<i>4- Estructura de la Madera de Coníferas.</i>	
<i>5- Ciclo de generación de los insectos</i>	
<i>6- Obtención de probetas o muestras de control de Secado.</i>	
<i>7- Apilado de la Madera para Secado Natural.</i>	
<i>8- Defectos originados por el secado y su control.</i>	
<i>9- Equipo para el tratamiento de baño Caliente y frío.</i>	

PRESENTACIÓN

1. OBJETIVOS GENERALES.

Permitir mediante el proceso de formación, aprendizaje y participación de los pequeños campesinos madereros, el conocimiento y la valoración de la actividad forestal integrada al desarrollo rural y a la economía campesina en forma económica y ecológicamente sostenible.

2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

Asesorar a familias campesinas cuyos ingresos familiares dependen fundamentalmente del bosque, en el conocimiento de las ventajas y necesidades del manejo del bosque mediante alternativas de producción maderera, diferentes a las que actualmente se desarrollan en la región.

3. GENERALIDADES.

CORPOAMAZONIA y entidades como ARTESANIAS DE COLOMBIA S.A. y la GOBERNACION DEL DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO han iniciado acciones para trabajar diferentes frentes con el fin de enfrentar la problemática que vive la población del Valle de Sibundoy.

Es así como se está ejecutando un convenio a través del cual se pretende capacitar y motivar a un grupo de leñadores y artesanos de la región en otras actividades como alternativa económica para la familia.

La no valoración del recurso bosque por parte de los moradores y las pocas alternativas económicas ofrecidas por el gobierno local hacen que se incrementen los volúmenes de deforestación y con ello la degradación y el deterioro de los suelos cuyo uso es la ganadería extensiva, la agricultura migratoria o simplemente para la extracción de los recursos naturales renovables o no renovables.

El desconocimiento del uso, manejo y potencialidad de los recursos del bosque existente en la zona, por parte de comunidades campesinas dedicadas a la extracción desmesurada de especies forestales para la obtención de leña y carbón, los modelos de producción existentes y la escasa asesoría técnica en lo que respecta a alternativas de producción sostenibles y al uso adecuado de los suelos, ha generado problemas caracterizados por la tendencia a la desestabilización de taludes, erosión y degradación de los suelos, sedimentación e inestabilidad de los caudales de las corrientes de agua de la región.

La vocación del uso del suelo en la parte de ladera es eminentemente forestal.

La sostenibilidad de los recursos naturales depende de que estos se constituyan en una opción fundamental para las personas en aras de mejorar su calidad de vida; que se conviertan en elementos necesarios para estabilizar y mejorar el medio ambiente y que formen parte de los programas de educación en los usuarios actuales y potenciales de los recursos.

Es importante aclarar que de no tomarse los correctivos necesarios, realizar una rápida y adecuada capacitación y preparación, además de ofrecer el recurso forestal como alternativa de producción sostenible, los problemas actuales de la región se multiplicarían al incrementarse la migración de habitantes quienes ven en la explotación forestal una alternativa económica fácil y de baja inversión.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Dentro de las principales conclusiones obtenidas en el curso dictado a leñadores y artesanos de la región, se tienen:

- *El marcado desinterés demostrado por las directivas y algunos miembros de COOPUMA y EL PORVENIR, hacia los esfuerzos realizados por las entidades oficiales al realizar este tipo de curso, tal como lo demuestra la bajísima asistencia a las conferencias.*
- *El marcado interés demostrado con su asistencia y participación en las charlas, por parte de algunos miembros de COOPUMA, quienes insinúan la necesidad de otras alternativas en lo referente a transferencia de nuevas tecnologías y otras fuentes de producción sostenible en lo referente al recurso forestal.*
- *Se presenta en forma de cuadro la asistencia del personal al curso correspondiente.*

De acuerdo a la motivación demostrada por algunos participantes, se recomienda:

- *Mayor motivación a directivos y miembros de la comunidad para nuevos cursos de capacitación.*
- *Dar continuidad al programa de transferencia de tecnología en el recurso bosque, adelantando cursos de capacitación sobre:*
 - *Establecimiento de viveros, plantaciones forestales y labores silviculturales en el manejo de dichas plantaciones.*

- *Prácticas silviculturales de manejo de regeneración natural y enriquecimiento de bosques secundarios.*
- *Prácticas de aprovechamiento de bosques establecidos o enriquecidos silviculturalmente.*
- *Destinar un área de reserva, 200 á 300 has. con miras a restablecer una reforestación con Eucaliptos y obtener de ella productos como estacones para cerca y tutores necesarios en los diferentes cultivos, que los requieren en la región.*
- *Montaje de una pequeña planta de preservación por el sistema de **BAÑO CALIENTE – FRIO**, con el fin de tratar la madera producto de la reforestación y proceder a su comercialización garantizada.*

SECADO Y PRESERVACION DE MADERAS

1. CONCEPTOS BASICOS SOBRE LA MADERA.

La madera es un recurso natural abundante que crece en diferentes sitios bajo condiciones climáticas distintas, y que ha sido un material utilizado ampliamente por el hombre, tanto en construcción como en otros usos. Pero como cualquier otro material, tiene sus limitaciones, una de ellas, quizás la más importante, es la posibilidad de sufrir ataque de agentes biológicos que las destruyen, o de ser afectada por el fuego, desgaste mecánico y otros, por lo que es necesario preservarla.

La protección de la madera de los daños anteriores se consigue impregnándole total o parcialmente con productos o protectores químicos adecuados, con el fin de transformarle en una materia tóxica que impida que los hongos, insectos, moluscos o crustáceos xilófagos penetren en su interior y la destruyan.

La conservación de la madera puede ser considerada desde dos puntos de vista totalmente distintos:

- *Dar a la madera un grado de protección externa que evite la entrada de los agentes destructores durante su vida de servicio.*
- *Eliminar los parásitos, una vez introducidos en la madera, cuando no se ha tenido la precaución de tratarla antes de puesta en obra.*

Tanto en uno como en otro caso, interesa conocer los siguientes conceptos básicos de la madera, relacionados con su protección o preservación.

1.1. Generalidades.

La madera es un conjunto heterogéneo de diferentes tipos de células con propiedades específicas para desempeñar funciones como :

- *Transformación.*
- *Almacenamiento y transporte de sustancias nutritivas.*
- *Sustentación vegetal.*

No todas las plantas producen madera, para que esto sea posible es necesario que cumplan con las siguientes condiciones:

- *Deben ser plantas vasculares, o sea que deben poseer tejidos especializados en conducir agua y savia como son el Xilema o madera propiamente dicha y el Floema o corteza interna.*
- *Debe poseer crecimiento secundario, es decir crecimiento en diámetro que permita al vegetal alcanzar una circunferencia suficiente grande para que garantice una adecuada utilización de su madera.*

1.2. Planos en la madera.

Con el ánimo de realizar y comprender la disposición de los elementos xilemáticos, para estudiar la estructura anatómica de la madera es necesario distinguir y diferenciar tres planos o secciones de corte, así:

- *Plano transversal:
Corte realizado perpendicularmente al eje transversal del tronco.*
- *Plano tangencial:
Se obtiene haciendo un corte paralelo al eje del tronco y paralelo o tangente a los anillos del crecimiento y a la corteza, y perpendicular a los radios.*
- *Plano radial:
Es aquel que se obtiene haciendo un corte paralelo al eje del tronco y perpendicular a los anillos de crecimiento, y se extiende de la médula a la corteza, en la misma dirección de un radio.*

Vale anotar que tanto el corte tangencial como el radial, son secciones, planos o cortes longitudinales. (ver dibujo).

2. Estructura Macroscópica.

La estructura macroscópica de una madera está constituida por aquellos elementos que pueden ser observados a simple vista.

La madera comprende los tejidos lignificados conductores de agua, los de sostén y los de reserva en ramas, raíces y troncos de las plantas leñosas.

En un corte transversal típico es posible observar las siguientes partes:

2.1. Corteza:

Corteza se denomina todo tejido del árbol que se encuentra por fuera del cilindro de madera. Está constituida por una parte externa, muerta, que llamaremos corteza externa o ritidoma y una parte interna que llamaremos corteza interna, floema o liber, donde encontramos tanto el floema primario como el secundario, tejidos especializados en la conducción de savia elaborada.

La corteza constituye un elemento de gran importancia en la Identificación de árboles en pie y el estudio de su estructura es de gran interés para la anatomía por contribuir enormemente en la diferenciación de especies semejantes. Aunque en la mayoría de los casos son despreciadas por la industria, la corteza de algunas especies es utilizada en la extracción de taninos, como alimento para el ganado, productos farmacéuticos y perfumería, etc...

La corteza externa es un conjunto de tejidos muertos que revisten el tronco, siendo su espesor variable con factores como la edad y la especie del árbol.

Además del almacenamiento y conducción de nutrientes ejercida por el floema, la corteza tiene como función proteger al vegetal contra el resecaimiento, el ataque de hongos, daños mecánicos y variaciones climáticas.

2.2. Cambium Vascular:

Entre la corteza interna o floema y la madera o xilema se localiza una camada de una sola célula de ancho que solo puede verse al microscopio y cuyas células son meristemáticas o sea que son capaces de generar nuevos tejidos celulares.

El cambium permanece vivo durante toda la vida del vegetal y es responsable por la formación de tejidos secundarios que originan el aumento del diámetro o crecimiento secundario en el vegetal.

La actividad cambial se encuentra altamente influenciada por las condiciones climáticas.

2.3. Madera o Xilema:

Viene a constituir la parte maderable o leñosa del árbol y comprende anillos de crecimiento, albura, duramen y por último la médula.

2.3.1. Anillos de Crecimiento:

En la madera cada camada de tejido leñoso formada en un período de crecimiento constituye un anillo de crecimiento. El comienzo, la finalización y la duración del tiempo de

producción de xilema y floema por el cambium varía año tras año, lo mismo que entre especies y árboles individuales.

En regiones caracterizadas por clima templado, los anillos de crecimiento representan habitualmente un incremento anual en el árbol. Cada año se adiciona un nuevo anillo al tronco, razón por la que también se les denomina anillos anuales, y su conteo permite conocer la edad del árbol.

En un anillo de crecimiento típico se distinguen normalmente dos partes:

- *Leño inicial (madera de primavera).*
- *Leño tardío (madera otoñal o de verano).*

La madera o leño inicial corresponde al crecimiento del árbol en el inicio del período vegetativo, normalmente primavera, cuando las plantas despiertan de su período de letargo, reasumiendo sus actividades fisiológicas con todo rigor. Las células formadas en este período se caracterizan por ser de paredes finas y lúmenes grandes que dan como resultado una coloración clara. Con la aproximación del fin del período vegetativo, normalmente otoño, las células van disminuyendo gradualmente su utilidad fisiológica, sus paredes se tornan más gruesas y sus lúmenes más estrechos, mostrando así, una coloración más oscura.

Esta diferencia de coloración evidencia los anillos de crecimiento en muchas especies, especialmente en las coníferas.

En las latifoliadas, los anillos de crecimiento pueden distinguirse a través de algunas características anatómicas, como:

- *Presencia de una faja de células parenquimáticas en los límites del anillo de crecimiento (parénquima marginal) que aparece a simple vista como una línea tenue de tejido más claro.*
- *Mayor ancho de los radios en los límites de los anillos, apenas visible sin microscopio.*
- *Concentración o mayor dimensión de los poros en el inicio del período vegetativo.*
- *Espaciamiento diferente de las paredes de las fibras.*

Además de las características propias de la especie, debe tenerse en cuenta que en regiones donde las estaciones son bien definidas, los árboles presentan anillos de crecimiento nítidos. Al contrario, los que crecen en zonas de condiciones

climáticas constantes tienen habitualmente anillos indistintos o poco evidentes. Para muchos árboles tropicales los anillos de crecimiento corresponden a períodos de lluvia (invierno) y períodos de sequía (verano), caída de las hojas y/o períodos de latencia, pudiendo ocurrir dos o más ciclos de crecimiento en un año. Estos anillos de crecimiento no son por lo tanto necesariamente anuales.

Es común encontrar árboles con anillos de crecimiento discontinuos (que no forman un círculo completo en torno de la médula) y los falsos anillos (cuando se forma más de un anillo por período vegetativo) que dificultan la determinación exacta de la edad de un árbol.

Los anillos discontinuos, ocurren principalmente en árboles viejos que presentan una copa asimétrica, situación en la cual, el cambium permanece inactivo en una o más regiones de la circunferencia del tronco, durante uno o más períodos de crecimiento provocando la discontinuidad del anillo.

Falsos anillos pueden surgir en virtud de la pérdida temporal de follaje causada por heladas tardías, ataques de hongos o insectos o a causa de un estímulo de crecimiento fuera de época, motivado por condiciones favorables como la disponibilidad súbita de nutrientes o eliminación de competencia.

También se puede encontrar en una sección transversal los llamados anillos excéntricos (ocasionados por un crecimiento excéntrico del fuste) y los anillos ondulados que presentan un contorno sinuoso, cuya causa no ha sido esclarecida hasta hoy y que confieren a la madera excelentes propiedades acústicas.

El ancho de los anillos de crecimiento, de gran repercusión en las propiedades tecnológicas de la madera, es una característica muy variable y depende de muchos factores: duración del período de crecimiento, temperatura, humedad, calidad de suelo, luminosidad y manejo silvicultural.

Un análisis de los anillos de crecimiento proporciona información importante sobre la planta: si presenta incremento rápido (anillos bien espaciados) o incremento lento (poco espacio entre anillos), que años fueron desfavorables al crecimiento (espacios menores), cuales favorables (espacios mayores), etc... Además de proporcionar referencias valiosas sobre la vida del vegetal, de gran interés para la silvicultura, tecnología y ordenamiento forestal.

2.3.2. Albura y Duramen:

Solo en árboles adultos y viejos de muchas especies, podemos distinguir en la sección transversal del tronco una parte externa de color más claro y una parte central de color más oscuro.

La parte externa, denominada Albura, contiene en sus anillos, cerca al cambium, las células vivas que sirven para la conducción de líquidos. La madera interna va gradualmente perdiendo su actividad vital y adquiriendo una coloración más oscura, debido a la deposición de sustancias como aceites, gomas, resinas y otras. La diferencia de esta parte central, llamada Duramen, es el resultado de transformaciones químicas de las sustancias contenidas en las células antes de su muerte y el resultado de modificaciones anatómicas en la estructura celular.

El duramen es menos permeable dada la obstrucción de las vías internas; es también madera mucho más durable que la albura, gracias a la presencia de sustancias tóxicas de acción antiséptica contra el ataque de hongos e insectos. Es por esto que el duramen presenta una mayor dificultad a ser impregnado con sustancias preservativas.

La albura presenta, junto con el cambium, la parte de mayor actividad fisiológica en el tronco: las células conductoras de estas zonas externas participan activamente en el transporte ascendente de líquidos en el árbol y sus células parenquimáticas vivas encierran sustancias nutritivas (almidones, azúcares, proteínas, etc...) que son en gran parte responsables por su mayor susceptibilidad al ataque de insectos y hongos.

La proporción de albura y duramen varía dentro del propio árbol y, además de otros factores, depende de la especie, la edad, el suelo y el clima.

No siempre el duramen se diferencia del albura por una coloración más intensa, a pesar de existir fisiológicamente. Se habla en este caso de "duramen fisiológico". Existen también especies donde el duramen es absolutamente ausente.

Generalizando, las principales diferencias entre albura y duramen son:

- *El duramen presenta, en la gran mayoría de los casos, un color más oscuro.*
- *El duramen presenta un mayor contenido de humedad dada su menor actividad fisiológica.*

- *El duramen es más resistente al ataque de agentes xilófagos y degradadores en general.*
- *El duramen es menos permeable, secando y recibiendo soluciones preservativas con mayor dificultad.*

2.3.3. Radios Leñosos:

*Son fajas de células de largo indeterminado, dispuestas en forma horizontal (radialmente) en el tronco y formadas por células parenquimáticas, especializadas en almacenar sustancias nutritivas. Sólo cuando son extremadamente anchos y altos es posible verlos nítidamente sin ayuda de ningún aumento. Es el caso del Roble de tierra fría (**Quercus sp., Fagaceae**), del Yolombo (**Roupala sp., Proteaceae**) y del Camajón (**Sterculia apetala, Sterculiaceae**), entre otros.*

Los radios son estructuras que presentan gran riqueza de detalles y variaciones morfológicas, constituyendo importantes elementos para la anatomía de la madera y identificación de especies.

2.4. Médula.

Está indicada por un pequeño núcleo central en el fuste o tronco. Representa el crecimiento primario y su función es almacenar sustancias nutritivas en el período de crecimiento primario del vegetal.

Cuando se trata de individuos adultos, la médula ya no cumple ninguna función vital para el árbol.

Se caracteriza por su menor densidad en comparación con los otros tejidos del tronco y por su mayor susceptibilidad al ataque de hongos.

3. Estructura Microscópica.

En la estructura macroscópica se consideraron las características de los diferentes tejidos de la madera. En cambio la Estructura Microscópica trata de los diferentes tipos y características de las células que forman estos tejidos.

Con base en la estructura celular, las especies maderables se dividen en dos grandes grupos:

- *Maderas Latifoliadas.*
- *Maderas Coníferas.*

3.1. Maderas Latifoliadas:

La madera tiene una estructura anatómica heterogénea constituida por diferentes células leñosas, tales como Vasos o Poros

que tienen la función de conducción de agua y sales minerales. Estas células forman del 6 al 50% del volumen total de la madera, siendo este porcentaje mayor en las maderas blandas y porosas.

Existen además las fibras que son células adaptadas a la función mecánica y forman el 50% '0 más del volumen de la madera; a mayor porcentaje de fibra mayor densidad y por tanto mayor resistencia mecánica.

Así mismo se encuentran células de parénquima longitudinal que tienen la función de almacenamiento de sustancias de reserva y forman un tejido leñoso blando; en muchas especies tropicales superan el 50% del volumen total.

El término maderas Latifoliadas, es sinónimo de frondosas, de maderas porosas y de maderas duras.

3.2.Maderas Coníferas:

La madera de coníferas tiene una estructura más homogénea que la de las latifoliadas y está constituida por elementos leñosos llamados traqueidas; éstas forman del 80 al 90% del volumen total de la madera y tienen la función de resistencia y conducción. De igual manera presentan células de parénquima en proporción pequeña.

El término maderas coníferas es sinónimo de maderas no porosas y de maderas blandas

3.3.Estructura sub microscópica:

La estructura de una célula leñosa presenta una cavidad central llamada Lumen, delimitada por la pared celular propiamente dicha, y presenta tres capas, a saber:

- *Lámina media:
Llamada también capa inter celular porque une células adyacentes. Compuesta de lignina (60 á 90% de la pared celular) y pectina.*
- *Pared primaria:
Es la capa exterior de la célula y está compuesta principalmente de lignina y pectina, pero a diferencia de la lámina media, presenta un 5% de celulosa en forma de fibrillas.*
- *Pared secundaria:
Compuesta principalmente por celulosa o fibrillas, llegando a alcanzar el 94%.*

4. Características Organolépticas.

Son aquellas características perceptibles por los órganos de los sentidos, como lo son:

- **Color:**
El color de la madera se debe a los extractivos y es muy variable, no solamente entre las diferentes clases de madera, sino dentro de una misma especie. El color en combinación con la figura o dibujo del grano de la madera, hace de ésta un material de grandes cualidades decorativas.
- **Lustre:**
Es la cualidad de la madera que le permite reflejar la luz, es decir, la propiedad que le permite brillar. Muchas maderas son poco lustrosas antes de recibir pulimento. El lustre depende del ángulo en el cual la luz choca con la madera y de la orientación de la madera.
- **Olor:**
Algunas maderas poseen un olor distintivo, el cual puede ser originado por productos de infiltración en el duramen o por la acción de hongos, bacterias o mohos. Solamente los olores debidos a las sustancias aromáticas de infiltración en la madera se utilizan en identificación y pueden ser agradables o desagradables.
- **Textura:**
Se refiere al tamaño y proporción del número de los diferentes tipos de células presentes en una pieza de madera. Así, hay maderas de textura fina, mediana y gruesa.
- **Grano:**
Se refiere a la dirección y arreglo de las fibras y demás elementos de la madera, en relación con el eje longitudinal de la muestra. El grano es recto si los elementos siguen una dirección paralela al eje longitudinal del árbol o de la muestra; el grano es entrecruzado cuando los elementos de la madera forman ángulo con el eje de la muestra; y es espiralado cuando se dispone en espiral alrededor del eje longitudinal del árbol o de la muestra.
- **Sabor:**
Es la característica que producen al sentido del gusto algunas sustancias contenidas en las células de la madera.
- **Veteado:**
Característica producida por el diseño o figura de la veta que se origina en la superficie longitudinal pulida, debido a la disposición de los elementos constitutivos del leño, como : vasos, radios leñosos, parénquima y los anillos de crecimiento, así como también por el

tamaño y abundancia de ellos. El tipo de figura también depende de la sección de corte y del tipo de grano.

- **Dureza y Peso:**
Se determina la dureza de una madera por la resistencia a la penetración de otros objetos, y las hay desde muy duras hasta muy blandas.

El peso se expresa como el peso de la madera al 0% de humedad entre su volumen saturado.

5. Composición Química de la Madera.

La madera está constituida por los siguientes elementos:

Carbono	(C):	49%
Hidrógeno	(H):	6%
Oxígeno	(O):	44%
Nitrógeno	(N) y minerales:	1%

La combinación de estos elementos forma los siguientes compuestos de la madera:

Celulosa:	40 á 60%
Hemicelulosa:	5 á 25%, y
Lignina:	20 á 40%

6. El agua en la madera.

La madera es un material o sustancia higroscópica; esto quiere decir que tiene libertad de absorber agua o dejarla en libertad. Esta habilidad de absorber o perder agua depende del clima (temperatura y humedad relativa) del medio circundante. En consecuencia, la cantidad de agua o de humedad en la madera fluctúa con los cambios de las condiciones atmosféricas, es decir, del clima alrededor de la madera.

Cuando un árbol está recién cortado, su madera contiene gran cantidad de agua, variando el contenido según la época del año, la región de procedencia y la especie forestal de que se trate.

Las maderas livianas por ser más porosas, contienen una mayor cantidad de agua que las pesadas. De igual manera, la albura, por estar conformada por células cuya función principal es la conducción de agua, presenta un contenido de humedad mayor que el duramen.

De la cantidad de agua presente en la madera dependen casi todas sus propiedades de resistencia, su mayor o menor aptitud para la elaboración, su poder calorífico, su resistencia al ataque de hongos, etc... La variación de la humedad da lugar a cambios del volumen y del

peso de la madera. Influye además en aspectos tales como la inmunización, pintado y deformación de la madera, así como en los costos de transporte.

6.1. Clases de agua en la madera:

El agua contenida en la madera se encuentra bajo diferentes formas (agua libre, agua de saturación y agua de constitución), tal como se describe a continuación:

6.1.1. Agua libre:

Es la que se encuentra ocupando las cavidades celulares o lúmen de los elementos vasculares, dándole a la madera la condición de " Verde". La cantidad de agua libre que puede contener una madera está limitada por su volumen de poros.

*Al iniciarse el secado, el agua libre se va perdiendo fácilmente por evaporación, ya que es retenida por fuerzas capilares muy débiles, hasta el momento en que ya no contiene más agua de este tipo. En este punto la madera estará en lo que se denomina "**Punto de Saturación de la Fibra**", que corresponde a un contenido de humedad entre el 21 y 32%.*

Cuando la madera ha alcanzado esta condición, sus paredes celulares están completamente saturadas, pero sus cavidades están vacías. Durante esta fase de secado, la madera no experimenta cambios dimensionales, ni alteraciones en sus propiedades mecánicas.

6.1.2. Agua de saturación:

Llamada también higroscópica, fija, o agua de inhibición, es el agua que se encuentra en las paredes celulares.

*Durante el secado de la madera, cuando ésta ha perdido su agua libre por evaporación y continúa secándose, la pérdida de humedad ocurre con mayor lentitud hasta llegar a un Estado de "**Equilibrio Higroscópico**" con la humedad relativa de la atmósfera circundante. Para la mayoría de las especies, el equilibrio higroscópico está entre el 12 y 18% de contenido de humedad, dependiendo del lugar donde se realiza el secado.*

La madera secada al aire libre solo puede alcanzar estos valores de humedad de equilibrio. Para obtener contenidos de humedad menores debe acudir al secado artificial para eliminar el resto de agua de saturación o higroscópica.

6.1.3. Agua de constitución:

Es el agua que forma parte de la materia celular de la madera y que no puede ser eliminada utilizando las técnicas normales de

secado. Su separación implicaría la destrucción parcial de la madera.

6.2. Determinación del contenido de humedad en la madera:

La determinación del contenido de humedad en la madera se hace considerando solo los valores del agua libre y del agua de saturación o higroscópica. Es decir que, en la práctica, la madera se considera totalmente seca cuando al secarla en estufa a 103 ± 2 grados centígrados alcanza su peso constante.

El contenido de humedad (CH) se define como el peso de la cantidad de agua presente en una pieza de madera, expresado en función del peso de esa pieza en condición seca al horno o anhidra. Su valor numérico se expresa en porcentaje y se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$CH = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100\%$$

donde:

CH: Humedad de la madera expresada como un porcentaje de su peso seco o anhidro.

Ph: Peso de la madera en estado húmedo o peso inicial.

Ps: Peso de la madera en estado anhidro o peso final o constante.

Para determinar el contenido de humedad en la madera existen numerosos procedimientos, siendo los más aceptados el método secado en estufa y los métodos eléctricos que utilizan detectores de humedad y que, a nivel industrial, se conocen como métodos rápidos.

6.2.1. Método de secado en estufa:

Es el método más exacto y el único científicamente satisfactorio para determinar el agua contenida en la madera.

El éxito en la aplicación de este método depende de la correcta selección de muestras o probetas para desecación, las cuales deben ser representativas del lote de madera objeto de evaluación. El procedimiento a seguir es el siguiente:

- *Obtención de probetas o muestras de control:
De la pieza o tabla se corta un listón transversal de unos 15 ó 25 mm. de espesor en la dirección del grano y a una distancia de por lo menos 50 cm. del extremo de la pieza, ya que allí el contenido de humedad puede ser menor. Las muestras deberán estar sanas y libres de defectos, y las herramientas para el corte bien afiladas, para evitar*

pérdidas de humedad por recalentamiento de las superficies de corte. (ver esquema).

- *Determinación del peso húmedo o inicial (Ph):
Inmediatamente después de cortadas, deben pesarse en balanzas con precisión de 0.1gr. para las que pesan 100 gr. o más, y de mayor sensibilidad para probetas más pequeñas.*
- *Secado de las probetas hasta peso constante:
Luego de cortadas las probetas, se introducen en la estufa para proceder con el secado. Se recomienda el uso de estufas con termostato regulable para mantener la temperatura a 103 \pm 2 grados centígrados y con buena circulación de aire. Debe tenerse mucho cuidado con el control del nivel superior de la temperatura, ya que si ésta sobrepasa de 105 grados centígrados, es posible que la muestra pierda peso, no sólo por la pérdida de agua, sino también por la evaporación de otras sustancias constitutivas de la madera, llamadas extractivas.*
- *Determinación del peso seco o constante (Ps):
Para determinar el momento en que las probetas alcanzan peso constante, se hacen pesadas intermedias con el fin de observar la disminución del peso. Después del secamiento, las probetas deben sacarse lo más rápidamente posible para evitar que absorban humedad del aire y deben enfriarse en ambiente seco para evitar cualquier variación.*
- *Cálculo del contenido de humedad (CH):
Ejemplo de aplicación de la fórmula:*

*Peso húmedo inicial de la probeta: Ph = 70 gr.
Peso seco o peso constante : Ps = 30 gr.*

$$CH = \frac{70 - 30}{30} \times 100\% = 133\%$$

Es aconsejable dos probetas de la pieza de madera, en cuyo caso se calcula separadamente el contenido de humedad para cada una y luego se promedian los valores para obtener el CH de la pieza.

Las principales desventajas del método de secado en estufa, son el largo período de tiempo necesario para obtener el peso constante (20 á 60 horas para probetas de 100 gr.), y que la pieza debe ser parcialmente destruida para obtener las muestras

6.2.2. Métodos eléctricos:

La medición del contenido de humedad de la madera por métodos eléctricos se basa en las diferentes propiedades eléctricas de la madera seca y de la madera húmeda, tanto en relación a la conductividad eléctrica, como a la constante dieléctrica y a la pérdida de potencia.

Especialmente la resistencia eléctrica y las propiedades dieléctricas de la madera dependen de su contenido de humedad, sobre todo en el rango de 6 á 25%.

Se distinguen dos tipos de medidores eléctricos para determinar el CH de la madera; en uno de ellos se deduce el CH por su resistencia eléctrica y en el otro por las propiedades dieléctricas.

El método eléctrico es muy rápido y no hay que cortar el tablón o pieza de madera, pero tienen el inconveniente de que sólo miden el CH externo de la pieza o a una profundidad muy limitada.

7. Propiedades físicas de la madera.

7.1. Densidad o peso específico:

Es la relación entre la masa o peso (m) de una pieza de madera con su volumen (v) a un determinado contenido de humedad y se expresa por la siguiente fórmula:

$$D = \frac{M}{V}$$

Donde:

D = Densidad, en gr./cm³.

M= masa de una pieza de madera a un determinado contenido de humedad, en gramos.

V = volumen de la misma pieza de madera a igual contenido de humedad, en centímetros cúbicos.

Un aumento del contenido de humedad en la madera trae como consecuencia un incremento de su masa en una proporción mayor que el incremento de su volumen y por lo tanto la densidad de la madera aumentará.

Por encima del punto de saturación de la fibra la tasa de incremento de la densidad será mayor debido a la estabilización del volumen, ya que por encima de este punto cesa el fenómeno de hinchazón.

Debido a que tanto la masa como el volumen varían significativamente según el contenido de humedad de la madera, es

importante enunciar las condiciones de humedad bajo las cuales se obtiene la densidad, distinguiéndose entonces las siguientes densidades:

- *Densidad anhidra:*
Relación entre el peso anhidro o seco al horno y el volumen anhidro o seco al horno.

$$DA = \frac{\text{Masa seca al horno}}{\text{Vol. seco al horno}} = \frac{Mo}{Vo}$$

- *Densidad normal:*
Relación entre el peso de la madera con un contenido de humedad del 12% y el volumen de la madera con igual contenido de humedad.

$$DN = \frac{\text{Masa al 12\% de CH}}{\text{Vol. al 12\% de CH}} = \frac{M\ 12\ \%}{V\ 12\ \%}$$

- *Densidad verde:*
Relación entre el peso y el volumen de la madera con un contenido de humedad mayor del 30%, o sea por encima del punto de saturación de la fibra.

$$Dpsf = \frac{\text{Masa con CH} > 30\%}{\text{Vol. con CH} > 30\%} = \frac{Mpsf}{Vpsf}$$

El término densidad de la madera se constituye en un buen indicador de sus propiedades mecánicas, características de trabajabilidad, comportamiento durante el secado, propiedades eléctricas, térmicas y acústicas, y como determinante de su porosidad puede expresar también sus características de preservación.

7.2. Contracción e hinchazón:

La hinchazón y la contracción son cambios de volumen o en las dimensiones de la madera, causados por un cambio en el CH dentro del campo del agua fija. Este fenómeno es causado por el absorbida por las paredes celulares, aumentando así los espacios micelares y con éste el volumen de la madera o hinchazón, contrario a la contracción causada por la pérdida de agua.

La hinchazón sucede por ganancia de agua desde 0% hasta el Psf (30%). La contracción por pérdida de agua desde el Psf (30%) hasta 0%.

El agua libre en los espacios vacíos (poros) no tiene ninguna influencia.

La hinchazón volumétrica se calcula con la fórmula:

$$\alpha_v = \frac{V_h - V_o}{V_o} \times 100\%$$

donde:

α_v = hinchazón volumétrica, en porcentaje.

V_h = volumen húmedo o volumen inicial.

V_o = volumen anhidro o volumen final.

La contracción volumétrica en porcentaje se calcula con la fórmula:

$$\beta_v = \frac{V_h - V_o}{V_h} \times 100\%$$

Con los conceptos de hinchazón y contracción, y teniendo en cuenta los tres planos o cortes definidos para el estudio de la anatomía (transversal, tangencial y radial), estas tres dimensiones sufren los fenómenos en forma diferente, deduciendo que la contracción tangencial siempre es mayor que la radial, y ésta a su vez es mayor que la longitudinal.

7.3. Propiedades eléctricas:

Una de las propiedades más importantes de la madera es la resistencia que ésta opone al paso de la corriente eléctrica.

La madera en su estado bien seco es un excelente aislante, propiedad que disminuye notablemente al aumentar la proporción de agua y, en la madera saturada alcanza casi la conductividad normal del agua.

Se ha comprobado que la conductividad eléctrica en la madera aumenta UN MILLON de veces, aproximadamente, cuando la proporción de humedad pasa del 0% al 30%.

8. Durabilidad natural de la madera.

8.1. Conceptos básicos de durabilidad natural:

La madera como material orgánico está sujeta a la destrucción por diversos agentes, influenciados éstos a su vez por numerosos factores de variada índole.

Desde el momento en que un árbol se corta y pasa a convertirse en tejido muerto es apetecido por diversos organismos que acuden a él, bien sea en busca de alimento o de un lugar que le proporcione

seguridad para el cumplimiento de su ciclo de vida. Cualquiera que sea el objetivo de la presencia de un organismo extraño en la madera, en todos los casos le produce un deterioro que puede influir en mayor o menor grado en su vida de servicio.

Los agentes biológicos son los que han mostrado la más alta peligrosidad en la destrucción de los tejidos leñosos, razón suficiente para que se les dé la mayor atención cuando se trate de alargar o mantener la vida útil de una madera. Sin embargo, se puede afirmar que cuando un organismo vivo busca un sustrato para obtener allí su alimento, no siempre va a ser aceptado plenamente, bien sea por presencia de barreras físicas para su penetración o por la existencia de sustancias tóxicas o no agradables para su dieta alimenticia.

El término durabilidad se refiere por tanto a la capacidad natural de la madera para resistir al ataque de hongos, insectos, desgaste mecánico, fuego o acción de agentes atmosféricos.

Siendo mayor la acción de los hongos sobre los otros agentes destructores, la durabilidad se define generalmente como la resistencia de la madera a las pudriciones.

La gran variedad de factores que intervienen en la durabilidad de la madera no permite conocer exactamente esta propiedad. Por eso es necesario clasificarla en grupos más o menos amplios de resistencia, tratando de establecer rangos que cada vez sean más precisos para asegurar así un mayor éxito en el uso de la madera.

La preservación adquiere así una enorme importancia ya que permite prolongar la vida útil de la madera sobre todo en especies que presentan baja durabilidad natural.

La vida útil de una madera está determinada, de una parte, por aspectos inherentes a su naturaleza, y de otra, por las condiciones especiales de servicio.

Con relación a los aspectos inherentes a su naturaleza, se puede afirmar que, generalmente, la madera de duramen es mucho más durable que la albura, debido a los cambios químicos que ocurren durante la transformación de albura a duramen. Así mismo, aquellas maderas densas y de color oscuro son más durables; las maderas con altas densidades son menos porosas y tienen menor posibilidad de acceso de agua y oxígeno.

Aparte de los factores inherentes a la madera, la durabilidad depende también de las condiciones de utilización, así por ejemplo, la madera será más susceptible a ser atacada en condiciones cálidas y húmedas que en climas fríos y secos; de otro lado será

mayor la posibilidad de ataque si la madera se encuentra en contacto con el suelo.

8.2. Métodos para determinar la durabilidad natural de la madera:

La durabilidad natural de la madera se determina a través de métodos de laboratorio y de campo. Aunque las técnicas son muy variadas, los métodos más generalizados son los que se realizan en laboratorio y son llamados Pruebas Aceleradas por su corta duración. Los que se llevan a cabo en el campo o cementerio, que son Pruebas Definitivas de durabilidad tienen el inconveniente del mayor tiempo que demandan.

Las investigaciones que se realizan en laboratorios sobre la durabilidad de la madera se denominan Índices y la información que se obtiene debe ser comparada con la que se logra en los cementerios para que sea confiable.

Los ensayos de campo consisten en la exposición de muestras de madera al medio ambiente, en terrenos ubicados en zonas con condiciones climáticas muy favorables para el desarrollo de hongos, con el objeto de medir los daños que ellos puedan causar.

Los terrenos elegidos como cementerios para maderas deben cumplir con algunos requisitos, sin los cuales no se podrá dar confiabilidad a los resultados allí obtenidos. Deben garantizar permanencia en su funcionamiento y una vigilancia constante para no perder elementos que desfiguren la validez de la información. No debe existir influencia de personas o animales que deterioren el material en observación. El ambiente debe mostrar excelente actividad biológica, tanto de hongos como de insectos. Se permite ondulaciones en la topografía del terreno y no se aceptan encharcamientos prolongados. Se requiere buena exposición solar, aunque se permite la influencia temporal de maleza baja. No deben ser terrenos que hayan sido utilizados para cultivos agrícolas y por lo tanto tratados con productos químicos.

Los cementerios permiten la ubicación de muestras de madera de tamaños diversos, desde tamaño natural de postes, hasta muestras pequeñas de láminas.

A diferencia de los procesos de laboratorio, donde las evaluaciones se hacen por la medida de pérdida de peso de las probetas, en los ensayos de campo se evalúa el progreso e intensidad de los daños, asignándole una escala de valores. Usualmente se hace uso de la siguiente tabla:

GRADO DE PUDRICION	DESCRIPCION DEL DAÑO EN LA MADERA	PUNTAJE O PORCENTAJE
1	<i>Sana, ninguna señal de pudrición</i>	100
2	<i>Superficie blanda o indicios de pudrición</i>	75
3	<i>Pudrición comprobada, poco avanzada</i>	50
4	<i>Pudrición profunda o intensa</i>	25
5	<i>Pudrición total o destrucción</i>	0

Para evitar confusiones en el cementerio, cada estaca debe ser identificada en la mejor forma posible a fin de registrar en una planilla todos los datos relativos al ensayo. Además, se debe confeccionar un plano de ubicación de las estacas en el terreno para avanzar con seguridad durante las inspecciones.

8.3. Durabilidad natural y tratabilidad de algunas maderas:

Para esta clasificación de durabilidad natural se han empleado los resultados obtenidos en diversos ensayos de laboratorio y pruebas de campo.

De acuerdo a los resultados, las maderas se han agrupado en 5 categorías basadas en el porcentaje de pérdida de peso por la acción de hongos y su duración en su uso exterior:

- **CATEGORIA AR (altamente resistentes):**
Pérdida de peso entre 0% y 1%, con duración exterior de más de 15 años. En general maderas de alta densidad y de duramen que no es posible tratar.
- **CATEGORIA R (resistentes):**
Pérdida de peso entre 1% y 5%, con duración en uso exterior de 10 á 15 años. Maderas de alta densidad y tratabilidad variable para el duramen.
- **CATEGORIA MR (moderadamente resistentes):**
Pérdida de peso entre 5% y 10%, con duración en uso exterior de 5 á 10 años. Generalmente maderas de alta densidad y con posibilidades de recibir tratamiento.
- **CATEGORIA MPR (muy poco resistentes):**
Pérdida de peso entre 10% y 30%, con duración en uso exterior de 1 á 5 años. Maderas de densidad media y buena tratabilidad.
- **CATEGORIA NR (no resistentes):**
Pérdida de peso mayor del 30% y una durabilidad en uso exterior menor que 1 año. En general, maderas de muy baja densidad y muy buena tratabilidad.

Adicionalmente, las maderas se clasifican en los siguientes 5 grupos de acuerdo con sus principales características de tratabilidad:

- **GRUPO I (muy fáciles de tratar).**
Maderas cuya albura y duramen, tratadas por presión o inmersión, obtienen retenciones de más de 200 kgr./ mtr³. y penetración total.
- **GRUPO II (fáciles de tratar).**
Maderas que tratadas por presión o inmersión, obtienen para la albura retención de 150 á 200 kgr/mtr³., y para el duramen una retención de 100 á 150 kgr./mtr³., y penetración parcial periférica.
- **GRUPO III (moderadamente difíciles de tratar).**
Maderas que tratadas por presión o inmersión obtienen retención de 100 á 150 kgr./mtr³. para la albura, y de 50 á 100 kgr/mtr³. para el duramen.
- **GRUPO IV (difícil de tratar).**
Maderas cuya albura tratada por presión o inmersión tienen penetración incompleta y retención de 50 á 100 kgr/mtr³., y cuyo duramen es imposible de tratar cualquiera sea el método que se utilice.
- **GRUPO V (no tratables).**
Maderas que no reciben ningún tipo de tratamiento.

9. Agentes destructores de la madera.

La madera por ser un material de origen orgánico está expuesta a una serie de ataques, bien sea por organismos biológicos como bacteria, hongos, insectos, perforadores marinos, e incluso animales superiores; o por causas no biológicas como el fuego, el desgaste mecánico y la acción de la intemperie.

9.1. Agentes destructores de origen biológico:

9.1.1. Daños causados por bacterias:

Las bacterias no constituyen peligro importante en la destrucción de la madera, sin embargo en unión con algunos hongos y sustancias, pueden causar algunas coloraciones en ella.

9.1.2. Daños causados por hongos:

Los daños por hongos pueden originarse incluso cuando el árbol está en pie. Los altos contenidos de la humedad de la

albura de árboles vivos, generalmente los previene de ataques por hongos e insectos, pero cuando el árbol se corta y comienza el proceso de pérdida de humedad se convierte en fuente alimenticia para muchos organismos.

Los hongos se encuentran altamente distribuidos en todos los ambientes, pues su abundancia, frecuencia y agresividad están favorecidos por ciertas condiciones medio ambientales, dentro de las cuales, la humedad y la temperatura desempeñan papel importante.

Los climas cálidos con alta humedad en el medio ambiente, o de la madera, son muy favorables para el desarrollo de los hongos, por lo cual las medidas de protección deben extremarse en aquellas zonas o condiciones.

La humedad es condición indispensable para el crecimiento de los hongos, la germinación de las esporas, la secreción de enzimas, la absorción y transporte de sustancias nutritivas, y para la formación de nuevos tejidos. Se sabe por ejemplo que los hongos causantes del azulado en las maderas prosperan muy bien a 30° C y 100% de humedad relativa.

El crecimiento de los hongos se inicia generalmente a los 3° C, y a medida que la temperatura aumenta, la velocidad de desarrollo se incrementa hasta obtener un valor óptimo que es variable para las diversas especies. El límite superior de desarrollo está en los 46° C, sin embargo el máximo de temperatura para la mayoría de los hongos importantes está por debajo de los 38° C.

Las esporas de los hongos germinan en la superficie de la madera produciendo raíces o micelios, que penetran el sustrato mediante la secreción de enzimas que desdoblán los componentes de las paredes celulares y producen ablandamiento de los tejidos. La descomposición bioquímica de la madera llevada a cabo por los hongos produce cambios de coloración de la madera y desintegración de los tejidos.

*Algunos hongos penetran en la madera para alimentarse de los azúcares y almidones que hacen parte del contenido celular, no producen cambios en la resistencia mecánica del material, pero sí influyen en su aspecto estético. Este tipo de organismos se conoce con el nombre de **hongos manchadores** y son causantes del azulado de la madera, que la pueden convertir en un material de rechazo para el uso de fines estéticos, como son las artesanías.*

Los **hongos xilofagos**, propiamente dichos, desintegran los tejidos leñosos por descomposición de las paredes celulares, de tal forma que las propiedades mecánicas se afectan en grados diversos, dependiendo del ataque y del tipo de hongo. Se ha mencionado anteriormente la presencia de enzimas como sustancia segregada por los hongos para llevar a cabo la descomposición de los tejidos, éstas enzimas son de diversas clases, de tal modo que aquellos que producen lignasas destruirán la lignina, mientras que los productores de celulasa descomponen la celulosa.

Existen tres tipos de pudrición, fácilmente distinguibles por la apariencia que toma el tejido afectado:

- **Pudrición parda:**
Desintegra la holocelulosa dejando la lignina.
- **Pudrición blanca:**
Destruyen la lignina y la holocelulosa.
- **Pudrición blanda:**
Destruyen los componentes celulósicos de las paredes celulares.

Las pudriciones son de especial importancia en materiales que prestan su servicio a la intemperie, lugares húmedos con poca ventilación y en contacto con el suelo.

9.1.2.1. Factores que influyen en el desarrollo de los hongos:

Los hongos, como organismos vivos, requieren la influencia de una serie de factores para llevar a cabo su actividad vital. Estos factores, humedad, temperatura, oxígeno, alimento, y el valor del PH, son los que determinan la presencia del ataque y el grado que este pueda alcanzar en la madera.

- **Humedad:**
La humedad es absolutamente necesaria para la germinación de las esporas, la secreción de enzimas para la desintegración de la madera, la absorción y transporte de sustancias nutritivas para el hongo, y la constitución de nuevos tejidos.

La humedad puede estar a disposición de los hongos en dos formas distintas: en el sustrato

leñoso o madera, y en el medio circundante.

*En general, el contenido de humedad de la madera entre 35% y 50% es el más adecuado para el crecimiento de los hongos. Se admite como regla general que la degradación de la madera por acción de los hongos no se puede realizar si su contenido de humedad se encuentra por debajo de un 20%. Por eso **secar la madera** es una buena medida del control de las pudriciones.*

La madera, como material higroscópico, puede tomar o ceder agua del medio circundante, pero sólo en casos extremos la humedad del medio ambiente puede saturar las paredes celulares, como es el caso de los invernaderos, minas y lugares similares en donde los hongos se desarrollan rápidamente a causa del aire caliente y la humedad que allí impera.

Es muy difícil determinar la humedad mínima que requiere la madera para que pueda ser atacada por los hongos xilófagos, puesto que la humedad que necesitan para la germinación de las esporas es más elevada que la requerida por los micelios para invadir la madera. Sin embargo, si se puede afirmar que cuando la madera está saturada de agua, los hongos no se pueden desarrollar por falta de aire, de tal manera que la inmersión total de la madera en agua es un sistema adecuado de protección.

- **Temperatura:**

En el desarrollo de los hongos, como en el resto de plantas, la temperatura desempeña papel importante. Se sabe que los límites dentro de los cuales el crecimiento es posible, está entre los 3° C y 42° C, ubicándose los valores óptimos entre 20° C y 35° C.

A menos de 3° C se reduce la actividad vital, y muy pocas especies crecen por encima de 42° C, produciéndose la muerte para muchos de ellos por encima de 50° C.

- **Oxígeno:**

Los hongos pertenecen al grupo de los organismos aeróbicos, de tal manera que su respiración es posible cuando existe una cantidad adecuada de

oxígeno, la cual, por general es baja, en condiciones normales, el aire disponible, aún en el duramen de la madera, es suficiente para que los hongos crezcan cuando los demás factores son favorables.

Para que la madera sea atacada por los hongos, es necesario que contenga una cantidad de aire cercana al 20% de su volumen; no obstante existe una relación entre el aire y el agua que contiene la madera; si la madera está saturada de agua le faltará aire y los hongos no podrán desarrollarse. Por otra parte, si la madera está enterrada a buena profundidad, por falta de aire estará exenta de ataques fungosos.

- *Alimento:*

La madera constituye el medio alimenticio más adecuado para los hongos xilófagos mediante el suministro de lignina, celulosa, azúcares y almidones. La combinación compleja de la lignina y celulosa en la madera hace que los hongos tengan que producir enzimas capaces de convertir estos productos en otros más simples y fáciles de aprovechar.

Pocos hongos, o tal vez ninguno, tienen el poder de atacar a todas las maderas. Hay hongos que atacan a las coníferas, otros a las latifoliadas, mientras que algunos lo hacen sobre ambas. El mayor número de hongos atacan la albura pero hay algunos especializados en madera de duramen.

El alargamiento de vida útil de las maderas se consigue definitivamente impregnando la madera con sustancias químicas, las cuales envenenan el alimento impidiendo el desarrollo de los hongos.

- *Valor del PH o acidez:*

La germinación de las esporas y el crecimiento del micelio dependen considerablemente del valor PH. Las maderas presentan un PH cercano a 5 y se sabe que los valores óptimos para los hongos están entre 5 y 6, es decir, ligeramente ácido.

En conclusión, cabe afirmar que la humedad, temperatura, oxígeno, alimento y PH, son factores vitales para el desarrollo de los hongos; si uno de ellos falta, o es nocivo, la pudrición no se produce.

Ante la dificultad de controlar estos factores, la aplicación de sustancias químicas a la madera se presenta como el sistema más eficaz para el control de los hongos xilófagos.

9.1.3. Daños causados por animales:

La destrucción de la madera por animales es llevada a cabo especialmente por insectos. El mayor número de estos agentes destructores son los llamados insectos xilófagos, conocidos como escarabajos, termites o comejenes u hormigas blancas. Existen otros insectos que atacan la madera en mayor escala como las hormigas carpinteras, avispas, y algunas orugas. Por otra parte las maderas que prestan su servicio en agua de mar se ven afectadas por moluscos y crustáceos.

9.1.3.1. Insectos xilófagos:

Durante el cumplimiento del ciclo de vida, los insectos cambian de forma originando el fenómeno llamado metamorfosis, pasando por cuatro estados sucesivos de desarrollo, conocidos con los nombres de: huevo – larva pupa e insecto adulto. Los estados de huevo, pupa y adulto son por lo general de corta duración y van desde días hasta semanas; el tiempo más largo de vida corresponde al de larva y es precisamente la etapa durante la cual lleva a cabo la destrucción para satisfacer sus necesidades alimenticias.

El material leñoso o madera es afectado cuando las larvas practican sus galerías para obtener alimento y protección. Los adultos también toman parte en esta actividad, como es el caso de los termites y algunos coleópteros que penetran en la madera para colocar sus huevos y criar sus larvas.

El desarrollo de los insectos destructores de madera está influenciado, como en el caso de los hongos, por diferentes condiciones dentro de las cuales juega un papel importante la cantidad de alimento, la humedad de la madera y la temperatura. Existen géneros que sólo atacan árboles en pie, otros a árboles enfermos o

recién cortados, otros lo hacen sólo a maderas secas o a maderas atacadas por hongos manchadores o pudridores.

- ❖ *Humedad: el contenido de humedad de la madera condiciona hasta cierto grado la presencia de los insectos y en tal sentido se distinguen dos grupos:*
 - *Insectos de madera verde >30% de humedad.*
 - *Insectos de madera seca <30% de humedad.*

Los insectos de madera verde atacan árboles vivos en decadencia o troncos recién cortados con altos contenidos de humedad natural y son llamados también Insectos de Ambrosía, los cuales inoculan hongos en las perforaciones realizadas y que sirven de alimento a las larvas recién nacidas.

Los insectos de madera seca atacan maderas de construcción y productos secos y pasan en la madera mucho tiempo hasta que la destruyen.

- ❖ *Temperatura: los insectos, a diferencia de los animales de sangre caliente, no pueden regular la temperatura de su cuerpo, lo cual depende de los cambios que ocurren en el medio ambiente.*

Las altas temperaturas conducen en corto tiempo a la muerte de los insectos, lo cual puede emplearse para su control mediante la utilización de aire caliente. En términos generales, se puede aplicar como medida de control para insectos, temperaturas mínimas de 55° C durante un tiempo no inferior a 60 minutos.

- ❖ *Alimento: el régimen nutritivo de los insectos no varía mucho entre ellos y tienen siempre como base materiales celulósicos.*

Dentro de los insectos xilófagos que atacan la madera los más conocidos son:

- *Isópteros: termitas, comejenes u hormigas blancas. Se encuentran preferiblemente en regiones tropicales y desempeñan un papel muy importante en la desintegración de la madera y otros materiales celulósicos.*

Son insectos sociales en donde los individuos son diferenciados en varias formas morfológicas o

castas, que desempeñan diferentes funciones biológicas y viven en comunidades altamente organizadas, llamadas colonias.

Una colonia de termites está formada por Reproductores Funcionales (Reina y Rey), Trabajadores, Soldados e Individuos inmaduros o Ninfas.

El régimen nutritivo de los termites no varía mucho entre especies y tiene siempre como base materiales celulósicos, los cuales pueden aprovechar por su asociación simbiótica con hongos, protozoos y bacterias.

De acuerdo a las exigencias de humedad para llevar a cabo su actividad como destructores celulósicos, las termites se dividen en dos grupos:

Termites de madera seca.

Termites subterráneas.

Las termites de madera seca, que no requieren suministros especiales de agua, abren galerías en la madera o aprovechan ranuras y grietas existentes donde inician su actividad formando pequeñas colonias. Los obreros hacen pequeños agujeros hacia el exterior por los que eyectan pequeños residuos fecales, que son la única evidencia del ataque, ya que la superficie exterior permanece intacta.

Las termites subterráneas construyen sus nidos fijos, desde donde se mueven los obreros en busca de material alimenticio. Requieren de un adecuado suministro de humedad por lo que construyen los nidos en contacto con el suelo. Las comunidades son muy numerosas por lo que son individuos de mayor peligrosidad para el ataque de la madera. La presencia de tubos o caminos cubiertos sobre paredes es evidencia clara del ataque de termites subterráneas. El control de las colonias de termites puede hacerse mediante tratamientos especiales (gases) o por impedimentos químicos o mecánicos para llegar a la construcción. Sin embargo, el sistema más apropiado para su control es la utilización de maderas preservadas.

- *Coleópteros: escarabajos o cucarrones.*
Son insectos muy evolucionados, conocidos con el nombre de escarabajos. Están provistos de piezas bucales masticadoras, que en algunos terminan en una especie de pico. Por lo general son pequeños a excepción de los Cerambicidos.

Los coleópteros que atacan a la madera pueden agruparse, de acuerdo al requerimiento de humedad, en tres categorías:

- ❖ *Los que atacan maderas con alto contenido de humedad (CH > 20%), familias Cerambycidae, Scolytidae y Platypodidae.*

Los Cerambycidos atacan árboles en pie afectados por pudrición o próximos a secarse. El daño es causado exclusivamente por las larvas. Son de tamaño mediano a gran tamaño y se les conoce con el nombre de Taladro, entre los cuales se encuentra el Taladro del Eucalipto, el cual sólo ataca a esta especie.

Las galerías abiertas varían entre 80 y 100 mm. de largo, ancho y diámetro, según la especie. Las larvas pueden vivir de 3 á 11 años antes de transformarse y sus daños pueden pasar inadvertidos por permanecer intacta la capa exterior.

Los Scolytidos y Platypolidos son los llamados Coleópteros de Ambrosía, y requieren para su alimentación de la presencia de hongos. Son pequeños y requieren de un alto contenido de humedad; cuando el CH es inferior a 20%, el ataque cesa por completo ya que mueren los hongos, abandonando el sitio para buscar otras fuentes de alimento. Los agujeros de entrada y salida de insectos adultos son circulares y varían entre 0.5 y 3.2 mm. de diámetro, según la especie.

- ❖ *Los que atacan madera seca (CH de 15% á 20%), limitando sus daños a la zona del albura, como las familias Bostrychidae y Lyctidae.*

Se caracterizan por dejar en las galerías aserrín

muy fino, parecido a la harina de madera. Los orificios de entrada y salida son de forma circular de 1.6 mm. en promedio.

Los Bostrychidos son de mayor tamaño que los Lyctidos; sus galerías tienen forma de Y, y en ellos intervienen los adultos y las larvas siguiendo la dirección de los anillos de crecimiento. Las galerías maternas están limpias de aserrín, mientras que las de las larvas si contienen este material.

Los Lyctidos son más pequeños y delgados; no pasan de 4 mm. de largo y sus hembras no penetran en la madera para depositar los huevos. Esta especie no ataca la madera de coníferas.

- ❖ *Los que atacan la madera muy seca (CH < 15%) como los de la familia Anobidadae.*

Los Anóbidos son de tamaño pequeño, variando su longitud de 2.5 á 8 mm. Atacan maderas muy secas y viejas y los daños más importantes los producen en vigas y columnas de madera, muebles antiguos y piezas de museo. Las galerías son abiertas únicamente por las larvas después de que eclosionan los huevos puestos por las hembras en galerías antiguas de otros insectos

9.1.3.2. Perforadores marinos:

Son destructores de la madera de astilleros, embarcaciones, muelles y otras estructuras fijas o flotantes, establecidas en el mar.

Las obras portuarias requieren con frecuencia la utilización de cantidades considerables de madera, la cual debe ser sometida a tratamiento con preservantes para impedir su destrucción por agentes marinos, de los cuales los más importantes son los Moluscos y los Crustáceos.

9.2. Agentes destructores de origen NO biológico:

- *El fuego: al fuego se le considera como uno de los principales agentes de destrucción de numerosos objetos fabricados*

parcial o totalmente con madera, tales como edificios, puentes, puntales de mina, muebles, etc...

La madera, por ser un material combustible, crea siempre el Riesgo de Incendio y esa es una de las limitaciones a su mayor uso en construcción y edificios.

La impregnación o preservación de la madera con productos ignífugos retarda la acción del fuego porque permite una combustión lenta, con producción de carbón, lo que va aislando la superficie de la madera evitando además la producción de gases inflamables.

- *Desgaste mecánico: Cuando la madera se encuentra sometida a condiciones de movimiento está expuesta al deterioro por desgaste mecánico, como es el caso de los durmientes de ferrocarril, tablas para pasos de nivel, maderas de puentes y otras expuestas al rozamiento.*

La preservación con productos oleosolubles disminuye la acción del desgaste mecánico, ya que al estar la madera lubricada, resiste más al rozamiento.

- *Acción del clima: La madera sufre desgaste y deterioro por acción de los agentes climáticos. Las variaciones de temperatura y humedad causan las contracciones e hinchazones de la madera, lo que trae como consecuencia la formación de pequeñas grietas en su superficie que la vuelve áspera y arrugada.*

Con el paso del tiempo la madera se desfibra produciendo en sus caras hendiduras y fisuras que a veces se convierten en grandes grietas o rajaduras. La madera se tuerce e incluso se desprende de su base a través de un proceso de destrucción que por lo general es lento y a menudo se confunde con la pudrición.

La manera de proteger a la madera contra la acción de la intemperie es aplicando pinturas, lacas o barnices, que la defienden de los cambios climáticos que son inevitables.

10. Preparación de la madera antes de su preservación.

En la preservación de la madera se debe distinguir claramente entre los métodos o procedimientos que requieren que el material esté verde o húmedo (como son los tratamientos por Osmosis, Capilaridad, y Difusión), de los que requieren que la madera esté seca, que son la

mayoría, ya que el contenido de humedad está íntimamente ligado a la penetración de los preservadores.

10.1. Descortezado.

La corteza de los árboles es virtualmente impermeable a los líquidos preservantes, por eso hay que eliminarla antes del tratamiento, excepto en el caso del método Boucherie aplicado a la madera rolliza con corteza.

En los productos aserrados, a veces existen algunos rezagos de corteza en sus aristas que deben quitarse, ya que, además de obstruir la penetración de los preservantes, albergan insectos, favorecen la pudrición y retardan el secado.

Los sistemas de descortezado más usados son:

- Descortezado manual.*
- Descortezado mecánico: con máquinas portátiles.
con máquinas estacionarias.*

El descortezado manual se practica con la ayuda de cuchillas curvas o rectas, machetes, palas planas o curvas.

La aplicación de golpes a lo largo de la troza facilita el descortezado.

El descortezado manual presenta las ventajas de: su bajo costo en herramientas; puede hacerse en el mismo sitio de corte; reducción de peso y volumen en el transporte, y eliminación de los desechos.

Como desventajas se tienen: el costo de mano de obra; el tiempo empleado; la incompleta remoción de la corteza.

Las máquinas empleadas en el descortezado difieren en varios detalles, pero en la mayoría la madera a la vez que gira, se mueve hacia delante, haciendo contacto con un porta cuchillas que gira a alta velocidad.

Entre las desventajas de este método están: maderas con poca albura, ésta puede ser removida casi toda afectando la profundidad de penetración al exponer el duramen, el cual es difícil de inmunizar.

Si no se controla la profundidad de corte, el poste puede perder mucho material, afectando su resistencia.

10.2. El secado de la madera.

El secado de la madera es el proceso de preparación de mayor importancia en aspectos de impregnación.

Para los procesos de inmunización, excepto para los métodos Boucherie y por Difusión, es necesario que la madera se encuentre con un determinado contenido de humedad, valor al cual se llega mediante un secado de la madera.

El secado de la madera es de gran importancia para todos los procesos, usos, empleos, elaboración y propiedades de ella.

Tanto en el secado al aire como en el secado en estufa, el agua es removida de la superficie de la madera por evaporación, la cual es controlada por tres factores esenciales:

- *La temperatura.*
- *La humedad del ambiente, y*
- *La velocidad del aire a través de la pila.*

- **La Temperatura:**

Es un factor de aceleración de la evaporación del agua, ya que, cuanto más alta sea la temperatura del ambiente que rodea la madera, más intensa será la evaporación, puesto que el aire podrá absorber más humedad.

Hacia el interior de la pieza de madera, la temperatura condiciona también la velocidad del movimiento del agua, aumentando el coeficiente de circulación con un incremento de la temperatura.

En el secado al aire cuando la madera está expuesta a la radiación directa del sol, la temperatura superficial de las piezas de madera puede llegar a ser muy superior a la temperatura del aire en circulación, lo que propicia condiciones de secado muy severa, que se manifiestan en defectos en la madera, como torceduras, grietas, rajaduras en los extremos, etc.

- **La humedad del ambiente.**

El aire es una mezcla de gases que contiene principalmente nitrógeno, oxígeno y otros en pequeñas cantidades, entre los cuales está el vapor de agua.

Dependiendo de la temperatura, la cantidad de vapor de agua presente en el aire puede variar entre límites muy amplios, desde 0 en el aire seco, hasta la saturación completa o presión de vapor de agua, a esa temperatura.

La presión ejercida por el vapor determina el movimiento de la

humedad, y por tanto, la velocidad de secado de la madera. La humedad relativa del aire y consecuentemente la humedad de la madera están fuertemente influenciadas por la temperatura. El aire caliente necesita una cantidad mayor de agua para saturarse que el aire frío y por lo tanto puede absorber mayor cantidad de agua de la madera.

- *La velocidad del aire.*

Como se ha mencionado, la circulación del aire es otro de los elementos de control de la velocidad de evaporación del agua durante el proceso de secado de la madera. La ventilación o circulación de aire fresco a través de una pila de madera y la expulsión de la humedad, son condiciones necesarias para asegurar la remoción del exceso de humedad.

La velocidad del aire dentro de una pila tiene como funciones principales:

- *Transmitir la energía requerida para calentar el agua contenida en la madera facilitando así su evaporación, y*
- *Transportar la humedad saliente de la madera.*

La velocidad del aire desempeña un papel muy importante durante las etapas de secado, sea natural o artificial, sobretodo cuando la madera está muy húmeda ($CH > 30\%$). A mayor velocidad del aire, mayor será la tasa de evaporación y menor el tiempo de secado y viceversa; si la velocidad del aire disminuye, la tasa de evaporación disminuye y se aumenta el tiempo de secado. Por tal razón, para asegurar un secado rápido y uniforme es indispensable una circulación de aire fuerte y regular.

10.2.1. Forma en que se seca la madera:

La madera siempre se seca si la humedad relativa del aire es menor de 100%. La evaporación de las superficies prontas ocasiona que estas lleguen a un CH que está en equilibrio con el clima; sin embargo estas superficies se están humedeciendo con el agua que viene hacia fuera procedente de las partes interiores de la madera, que están más mojadas. De esta manera, si las condiciones ambientales no varían, habrá un momento en el cual el CH de toda la madera será uniforme y en equilibrio con el clima reinante.

El agua se mueve en tres direcciones en la madera: longitudinal, radial y tangencial; el movimiento más rápido se efectúa longitudinalmente y el más lento en dirección

tangencial. El agua puede moverse como líquido, como vapor, o como ambos a la vez. Similarmente, el agua se mueve más rápidamente en madera liviana que en maderas de densidad alta; otro tanto se puede decir con relación a la madera de albura, donde el movimiento es más rápido que en madera de duramen.

Es de anotar, que la velocidad del secado va disminuyendo a medida que se acerca al CH de equilibrio, de tal manera que el agua libre se evapora rápidamente, es decir, hasta que llega a un 30% de CH o punto de saturación de las fibras. De 30% hacia abajo comienza a perderse agua fija, que es más fuertemente retenida por las paredes celulares. En esta forma para llegar de un 60% a un 30% se gastará menos tiempo que, por ejemplo, de 20% á 10%.

El secado de la madera se puede hacer de dos formas diferentes:

- Secado natural o al aire libre.*
- Secado acelerado o secado artificial.*

10.2.1.1. Secado natural de la madera:

Existen dos factores que determinan las condiciones y la calidad final de la madera que se seca al aire libre:

- Suficiente circulación de aire por el patio de apilado y por entre las mismas pilas.*
- El método de apilado.*

Por estas razones la ubicación del patio y la forma de apilado deben ser de riguroso cuidado, de tal forma que existan espacios suficientemente grandes para que la evaporación no sea interferida y el viento pueda extraer el aire húmedo de la pila.

El patio debe estar situado en un lugar descubierto del terreno y debe ser de libre acceso al viento, debe tener suelo suficientemente poroso y con inclinación suficiente para el drenaje del agua lluvia, además debe estar limpio y libre de vegetación.

Existen numerosos diseños de patio de secado; en definitiva el diseño final depende del terreno a emplear, pero de todas maneras debe cumplir con los requisitos mínimos de distribución de

pilas, ancho de las calles, condiciones de suelo, etc.

Con relación a los sistemas de apilado, existen cuatro tipos principales: Apilado Horizontal, Apilado Triangular, Apilado a Caballo o en X, y apilado descansando sobre una plataforma.

Es importante separar las pilas del suelo a más de 45 cm. debido a que existe un microclima por encima del suelo que tiene una humedad más alta que el clima normal; además esta separación sirve para una mayor y mejor circulación del aire en las pilas.

10.2.1.2. El secado artificial de la madera:

El secado natural, mencionado anteriormente, muchas veces no es suficiente para alcanzar cierto contenido de humedad, necesario para ciertos fines. Es necesario entonces apelar a un secado artificial, es decir, secar la madera mediante la aplicación de altas temperaturas, humedad relativa del aire baja y velocidades de aire altas.

Estos factores se alcanzan solamente en cuartos calientes, donde se puede controlar las condiciones climáticas según lo estipulado en un programa de secado.

El secado artificial tiene una serie de ventajas, tales como la disminución de la propiedad que tiene la madera de hincharse o contraerse, debido a las altas temperaturas que se aplican, además de la condición de que el secado se realice correctamente, las pérdidas ocasionadas son menores; la madera se puede usar más rápidamente, siendo por lo tanto menor el capital invertido en almacenamiento.

10.2.2. Selección de la madera y apilado:

La duración del secado de la madera aserrada es proporcional a su espesor. Por tal razón es conveniente reaserrarla, antes del secado, a espesores cercanos a los requeridos en su posterior utilización. Así mismo, es conveniente eliminar toda irregularidad que afecte, tanto la duración, como la calidad del secado.

10.2.2.1. Clasificación:

Antes de apilarla definitivamente, la madera debe ser seleccionada y agrupada según los siguientes criterios:

- *Especie: Salvo raras excepciones, las cargas de secado deben ser de la misma especie. De esta manera se logra optimizar la duración y calidad del secado.*
- *Calidad: La calidad establece muchas veces las condiciones de secado de una determinada madera. Los defectos estructurales, tales como las desviaciones del grano, nudos y madera de reacción, tienen mucho que ver con los defectos del secado. Una selección por calidad evitará gastos innecesarios y ayudará a definir el destino final de la madera.*
- *Dimensiones: La selección por espesores es indispensable, ya que la duración del secado varía con el espesor. Igualmente, tienen bastante que ver con el espesor, muchos defectos tales como grietas y rajaduras en los extremos de las tablas. En cambio, el largo y el ancho de una pieza de madera no es tan determinante en el comportamiento durante el secado, sin embargo deben ser considerados al clasificar la madera para facilitar el apilado.*
- *Estado fitosanitario: Muchas maderas susceptibles al ataque de hongos e insectos sufren daños tan severos en estado verde, que no vale la pena secarlas. La única forma de conservar la calidad de estas maderas es un tratamiento profiláctico de las trozas en el bosque, y de las tablas y tablones a la salida de la sierra en el aserradero.*
- *Contenido de humedad inicial: La humedad inicial está en función de la época de corte y la acción del medio ambiente sobre la madera. Contenidos de humedad inicial muy variables dificultan el secado y lo prolongan innecesariamente. Lo más conveniente es*

- *seleccionar los lotes a secar para que sean lo más homogéneos posibles.*
- *Contenido de humedad final: El contenido de humedad final depende del uso que se le vaya a dar al producto. La selección de la madera antes de secarla permite aplicar el programa de secado más conveniente, de acuerdo a la humedad final deseada.*

10.2.2.2. Apilado:

La homogeneidad del secado depende de la uniformidad del paso del aire a través de la pila, por lo cual es esencial un correcto apilado.

El apilado horizontal es el más utilizado en el secado al aire o secado natural, como en el secado en horno o secado artificial.

En el secado al aire o natural se utilizan además los siguientes sistemas de apilado, dependiendo principalmente del espacio con que se cuenta para el establecimiento del patio de secado:

- *Apilado en triángulo hueco.*
- *Apilado en X o caballete.*
- *Apilado vertical.*

A continuación se presentan algunas consideraciones respecto al apilado de la madera:

- *Listones separadores: Para el sistema de apilado horizontal se requiere una apreciable cantidad de separadores y su reposición es generalmente costosa.*

Según la experiencia, es mucho más ventajoso utilizar separadores de madera densa, con grano recto y libre de defectos. Los separadores se deben obtener de madera previamente seca para evitar manchas y distorsiones de las piezas en el secado.

- *Tamaño de los separadores: La longitud de los separadores depende en todos los casos*

del ancho de la pila. En cambio, el ancho y espesor tiene que ver con el tipo de madera y su grueso.

En las maderas latifoliadas se usan listones con anchos entre 20 y 30 mm.; para coníferas el ancho tiene un promedio de 50 mm.

Es recomendable utilizar listones de sección transversal rectangular de 20 x 30 mm.. Para apilar madera delgada, tablas, se utiliza como altura del separador el lado de 20 mm. y para tablones más gruesos, el mismo separador pero colocado de canto. Un requisito indispensable en cualquier caso es que el espesor sea uniforme a lo largo de todo el listón.

- *Disposición, Espaciamiento y Alineación de los separadores: La correcta colocación de los separadores reduce las deformaciones, grietas y rajaduras.*

Los separadores correspondientes a los extremos de las tablas deben colocarse perfectamente alineados y en todo el extremo de la pila. De esta forma se reduce la velocidad del secado longitudinal y se disminuye la tendencia al abarquillado y agrietamiento.

El espaciamiento entre separadores depende del espesor de las tablas, de su resistencia al aplastamiento y de su tendencia a deformarse. Como norma general, se acostumbran distancias de 40 cm. para tablas delgadas; 60 cm. para tablas entre 20 y 40 mm. y de 80 á 100 cm. para madera más gruesa.

Mediante el apropiado alineamiento de los listones separadores, se evitan los defectos por torceduras y curvaturas en las tablas inferiores de las pilas.

10.2.3. Muestras para control del secado:

10.2.3.1. Control manual:

Como no es posible medir la humedad de toda la madera durante el proceso, es necesario acudir a muestras representativas de toda la carga. Estas muestras se colocan dentro de la pila, de tal manera que se pueda determinar su contenido de humedad periódicamente.

La colocación de estas muestras de control ofrece ventajas, entre las cuales podemos mencionar:

- Indican la velocidad del secado.*
- Sirven para ajustar los programas de secado.*
- Indican la necesidad de tratamientos de recuperación o acondicionamiento y la duración de ellos.*
- Ayudan a reducir el tiempo de secado y a mejorar la calidad.*
- Permiten controlar el CH final.*
- Ayudan a determinar los horarios de secado.*

Estas ventajas se resumen en economía, madera libre de esfuerzos, y humedad final más uniforme.

❖ Selección de las muestras:

Mientras se lleva acabo el apilado, el operador debe seleccionar las piezas o tablas que representen el lote en cuanto a: Especie, Espesor, Humedad inicial, Proporción de albura y duramen, Dirección del corte, grano, y Humedad final deseada. Usualmente se obtiene una sola muestra por pieza seleccionada.

❖ Cantidad de muestras:

La cantidad de muestras por lote de secado depende de las condiciones y características de la madera, comportamiento del secado y del uso al cual se va a destinar el material seco.

El manejo de muestras depende también del volumen de las pilas. A mayor volumen,

mayor cantidad de muestras. Por lo general se utilizan 2 ó 3 muestras por pila de secado, las cuales deben colocarse en sitios representativos de la pila, deben permitir su fácil extracción y nueva colocación durante los chequeos periódicos a lo largo del proceso.

❖ *Preparación de las muestras:*

Anteriormente se indicó la forma habitual de obtener las muestras de secado, las cuales deben tener una longitud mínima de 50 cm. y debe sellarse en los extremos.

Las probetas para determinar el contenido de humedad deben tener un ancho de 25 mm, grueso igual al de las tablas y una longitud equivalente al ancho de la misma. El corte debe hacerse a una distancia mayor de 50 cm. de los extremos para evitar el efecto del secado longitudinal.

Toda muestra para contenido de humedad o control de secado debe cortarse con herramienta bien afilada, pesarse inmediatamente y manejarse con cuidado para no alterar su integridad. Además se deben eliminar o evitar nudos, corteza, médula, y partes atacadas por hongos.

❖ *Determinación del CH y del peso seco al horno de las muestras:*

El CH de la muestra del secado se obtiene del promedio de las dos probetas cortadas a cada uno de los extremos, utilizando el sistema del secado en estufa.

Para tal efecto, después de cortadas, las probetas se limpian, marcan y pesan; luego se colocan en una estufa con temperatura de 103 ± 2 °C hasta obtener peso constante; finalmente, se vuelven a pesar y se determina su CH, según la fórmula que se presenta nuevamente a continuación:

$$CH = \frac{\text{Peso Inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso final}} \times 100$$

Inmediatamente después de cortada, la muestra de secado se limpia, se codifica, se sella en sus extremos con un producto impermeabilizante y resistente a la temperatura y se pesa. Dicho peso corresponde al peso inicial o verde de la muestra.

El peso final o peso seco al horno (*Psh*) de la muestra se calcula en función del peso inicial y su respectivo *CH* promedio de las probetas, utilizando la fórmula:

$$Psh = \frac{\text{Peso inicial de la muestra}}{100 + CH \text{ de la muestra}} \times 100$$

Todos los pesos y *CH* obtenidos se registran en una hoja de control (ver ejemplo).

- ❖ **Uso de las muestras durante el secado:**
La frecuencia del peso de las muestras depende de la velocidad de secado. Las muestras también se utilizan para hacer pruebas intermedia de humedad y controles de tensión.

Para determinar el *CH* de la muestra en un momento determinado se utiliza la siguiente fórmula:

$$CH \text{ actual} = \frac{\text{Peso Actual} - Psh}{Psh} \times 100$$

10.2.3.2. Control con electrodos (hidrómetro):

Mediante dispositivos eléctricos (electrodos) se puede determinar instantáneamente el *CH* de las muestras testigo, eliminando la complicada y larga operación de control manual, pues no es necesario sacar periódicamente las muestra de la pila y proceder a pesarlas una a una. La lectura del *CH* se hace directamente del hidrómetro.

10.2.4. Registro de los datos de secado:

El registro de los datos es una fase importante en el proceso de secado.

Es importante también hacer énfasis en la necesidad de organizar un archivo completo del desarrollo del secado para cada carga.

Se recomienda el cuadro que se anexa como ejemplo para el archivo correspondiente:

10.2.5. Control de calidad:

Para lograr un máximo rendimiento y una mejor calidad en los procesos de secado, tanto al aire libre como en cámaras, debe elaborarse un programa de control de calidad que contemple los siguientes aspectos:

Almacenamiento correcto de trozas, madera en bloque y madera aserrada.

La precisión de las dimensiones de la madera aserrada.

El apilado

El equipo y mantenimiento del secadero

Los métodos de secado y el control del CH

La protección de la madera seca

El cuidado de los registros sobre el secado.

10.2.6. Defectos del secado, causas y control:

La madera es un producto natural que debido a la higroscopicidad, cede o absorbe humedad de acuerdo con las condiciones del medio ambiente que la rodea.

El secado previo de la madera antes de usarla es indispensable para casi todos los usos y todas ellas sufren durante este proceso un cambio en sus propiedades naturales, que produce tensiones y causa deformaciones e inclusive grietas.

Estos visibles cambios de forma se conocen como “ Defectos del Secado ”.

Estos defectos del secado son todas aquellas imperfecciones que se presentan en una pieza de madera durante el proceso de secado al aire o al horno, disminuyendo su calidad y afectando en mayor o menor grado su valor.

Aunque algunos de estos defectos no pueden evitarse, una buena práctica de secado sí puede reducirlos al mínimo.

Los defectos del secado pueden ser causados por:

Contracción: Endurecimiento, colapso celular, grietas, rajaduras y torceduras.

- Acción química: Oxidaciones con cambios de color en la madera.

Ataque de hongos: Mancha azul en la albura, pudrición y moho.

Ataque de insectos: Agujeros y perforaciones; en casos especiales manchas.

10.2.6.1. Contracción:

Cuando la madera se seca por debajo del punto de saturación de la fibra, la humedad es removida de las paredes celulares y la pieza se contrae.

La contracción depende no solo del CH, sino también de la densidad. A mayor densidad de la madera, mayor es la contracción que puede esperarse con un cambio de humedad dado; en general maderas pesadas se contraen más que las livianas.

En promedio, la contracción tangencial tiende a ser el doble de la radial y es lo que ocasiona que una pieza de madera cuadrada, en madera de grano entrecruzado, al secarse adquiera forma romboide; que la sección rectangular se vuelva cóncava y la redonda adquiera forma elipsoide.

- *Endurecimiento: Ocurre durante el secado artificial y se debe a la aplicación de un horario de secado severo al iniciar el proceso, alta temperatura en especial, donde las capas superficiales pierden rápidamente agua, endureciéndose por lo tanto las células de la superficie.*

Se controla aplicando correctamente el horario de secado con temperaturas reguladas al principio del proceso. Para

corregir el endurecimiento ocasionado en el secado, se procede a aplicar vapor a la madera

- *Colapso: Es una contracción anormal, muy común en el eucalipto y el roble de tierra fría. Se presenta cuando las células son aplastadas por una pérdida de humedad muy severa, por la acción de altísimas temperaturas al iniciar el proceso de secado y en el punto cercano al punto de saturación de la fibra. Se evita secando lentamente la madera a temperaturas normales. Cuando se presenta, se corrige con fuerte vaporización.*
- *Grietas: Las grietas en la superficie y en los extremos de las piezas de madera aserrada se presentan a causa del secado rápido de la superficie de la madera y de las capas adyacentes y la consiguiente contracción de esta zona. Se presenta en las primeras etapas del secado y debido a un alto gradiente del secado.*

Algunas de las medidas sugeridas para reducir estos defectos son:

- *Evitar la radiación directa del sol sobre la madera.
Evitar la acción de corrientes secas y fuertes sobre la madera húmeda.
Proteger los extremos de las piezas de madera con un sellante para evitar la rápida evaporación de la humedad en sentido longitudinal.*
- *Grietas internas: Debidas al endurecimiento superficial con incremento de las tensiones internas, y se atribuyen a un control incorrecto en el proceso de secado. Sólo es detectado cuando la madera es reaserrada. La madera que presenta este defecto prácticamente no tiene uso.*

Se puede evitar seleccionando un programa adecuado de secado.

- *Alabeo: Deformación que experimenta una pieza de madera por curvatura de sus ejes longitudinal, transversal o ambos; según la deformación que presente la pieza, se consideran los siguientes tipos de alabeo:*

Abarquillado: Cuando las aristas o bordes de la pieza no se encuentran al mismo nivel que la zona central.

Arqueadura: Es la curvatura a lo largo de la pieza.

Encorvadura: Curvatura a lo largo del canto de la pieza.

Torcedura: Es el alabeo que se presenta cuando las esquinas de una pieza de madera no se encuentran en el mismo plano.

10.2.6.2. Defectos ocasionados por reacción química:

Manchas o decoloraciones de la madera que aparecen durante el secado, por reacciones químicas ocurridas en ella cuando se pone en contacto con la intemperie.

Estas manchas se desarrollan sobre todo durante los meses cálidos y húmedos y son resultado de concentración de extractivos de la superficie y transportados por el agua.

En el secado al aire, pueden evitarse o al menos reducirse, con un secado rápido, el cual puede lograrse manteniendo el patio libre de vegetación y desechos, usando fundaciones altas, aumentando el espacio entre las tablas y construyendo más chimeneas dentro de la pila.

10.2.6.3 Defectos ocasionados por ataque de hongos:

- *Manchas: Causadas por hongos que*

crecen en la madera.

La más común es la Mancha Azul y varia de azul claro a negro azulado.

La mancha azul tiene muy poco efecto sobre las propiedades mecánicas de la madera, aunque si lo causa sobre los valores estéticos de la misma.

Puede reducirse la formación de la mancha azul facilitando una buena aireación en el patio de secado, usando listones separadores secos y aplicando un tratamiento profiláctico a la madera verde.

- *Mohos: Crecen en la madera en tiempos cálidos y húmedos, no manchan la superficie pero, al crecer, pueden restringir la circulación del aire dentro de las pilas de secado. Puede prevenirse igual que la mancha azul.*
- *Pudrición: Causada por hongos que no solo decoloran la madera, sino que también la destruyen. Al igual que la mancha azul y los mohos prosperan en condiciones similares de humedad relativa del aire y temperatura, pero la pudrición se demora más.*

La mejor forma de combatir la pudrición es secar la madera a un CH del 20% o menos, lo más rápidamente posible.

11. Preservantes para la madera:

Los preservantes son sustancias químicas que, aplicadas convenientemente a la madera, la protegen de la acción simple o combinada de sus enemigos naturales.

La preservación aumenta la durabilidad de la madera, lo que permite que ciertas especies no durables se puedan transformar en elementos capaces de competir con las especies durables y con otros materiales.

Los preservantes varían en naturaleza, eficacia y costo; por eso en su selección se debe tener en cuenta el uso al que se va a destinar la

madera preservada, la vida útil que se requiere de ella y los aspectos económicos del tratamiento.

11.1. Requisitos de preservante:

Para que una sustancia química pueda ser reconocida como preservadora de la madera, debe reunir las siguientes características que la acreditan como tal:

- *Toxicidad: Es fundamental para los preservantes a fin de que puedan controlar o anular la actividad de los agentes biológicos que afectan la madera. Los preservantes deben transformar la madera en material venenoso para los organismos xilofagos que pretenden vivir o desarrollarse en su interior.*

Para que un producto químico sea efectivo debe ser soluble en los líquidos celulares de los agentes de destrucción.

La dosis mínima letal de cada preservante está dada por la menor cantidad de producto químico activo, con relación al sustrato, necesaria para eliminar al enemigo biológico.

- *Penetrabilidad: La penetrabilidad o profundidad que alcanza un preservante en la madera es un factor que depende del grado de viscosidad del producto químico, de las características de la madera, del CH de la madera y del método de tratamiento.*

La humedad de la madera, en la mayoría de los casos, es un obstáculo para la penetrabilidad. No obstante existen métodos de tratamiento como los de Osmosis, Difusión y otros, que requieren un alto contenido de humedad.

La alta viscosidad de algunos productos, como la Creosota, impide la rápida penetración del preservante. Sin embargo, aplicando temperaturas adecuadas, se facilita la penetración por reducción de la viscosidad.

- *Permanencia: La madera tratada debe durar muchos años. Para que el preservante ofrezca esta garantía, los componentes tóxicos que posee deben fijarse en la madera en forma permanente, lo cual generalmente se consigue por la formación de precipitados insolubles a reacciones químicas y que conservan su grado de toxicidad. Los precipitados no deben alterarse por lixiviación, volatilización o por cambios químicos.*

- *Inocuidad: Los preservantes deben ser seguros de manejar; en general, no deben exigir del hombre otros cuidados que los que se requieren para productos químicos corrientes.*
- *No corrosivos: Los preservantes no deben ser corrosivos para los metales como clavos, grapas, pernos, tornillos, equipos suplementarios, etc. Algunos preservantes antes previenen la corrosión de metales como los Naftanatos.*
- *No combustibles: Los preservantes no deben aumentar el poder de combustión de la madera tratada. La Creosota y el Pentaclorofenol confieren cierto riesgo de inflamabilidad, lo cual se reduce eliminando los exudados. Las sales hidrosolubles ofrecen mayor garantía frente a los peligros de incendio.*
- *Fácil aplicación: No deben ofrecer dificultades para su incorporación a la madera.*
- *Permitir acabados: No deben interferir en los acabados que se dé a las obras como es la pintura.*
- *No Fitotóxicos: La madera impregnada empleada en labores agrícolas, no debe afectar por exudados a los productos como el frijol, arveja, haba, pimiento y otros que necesitan de soportes o tutores.*
- *Económicos y accesibles: El costo del preservante influye sobre el valor final de la madera. En la selección de un preservante debe tenerse muy en cuenta su disponibilidad en el mercado local y el destino que se va a dar a la madera tratada.*

11.2. Clasificación de preservantes para madera:

Existen diversas formas de clasificarlos, siendo la mas común de acuerdo con su origen o uso, tal como se relaciona a continuación:

- **CREOSOTAS:**
 Creosota ordinaria.
 Creosota liquida.
 Mezcla de creosota.
- **PRODUCTOS ORGANICOS – OLEOSOLUBLES**
 Naftenatos.
 Pentaclorofenol.
 Pentaclorofenato de sodio (soluble en agua).

*Oxido tributil estanoso.
Quinolínolato 8 de cobre-*

- **PRODUCTOS INORGANICOS – HIDROSOLUBLES.**

Sales múltiples.

Arsénico – Cobre – Amoniacales (ACA).

Cupro – Cromo – Arseniacales (CCA).

Cupro – Cromo – Bóricas (CCB).

11.2.1. Creosotas:

Proviene de la destilación del alquitrán de hulla; de composición química muy compleja; no es conductora de la electricidad y reduce la corrosión y el desgaste mecánico por lubricación, pero la madera tratada no puede ser pintada con facilidad.

El olor y color son sus mayores limitaciones. No se recomienda para aplicaciones donde haya contacto humano como barandas, sillas, bancos y otros, ya que sus exudados afectan la salud produciendo alergias o irritaciones de la piel.

Usada sobretodo para polines de ferrocarril, postes y pilotes de muelles; debe aplicarse por Vacío – Presión a altas temperaturas.

11.2.2. Productos orgánicos:

Sustancias oleosolubles, muchas de ellas de gran toxicidad para los elementos biológicos y con cualidades muy importantes, como: no son corrosivas; gran poder de penetración; no son inflamables una vez que el solvente se ha evaporado.

Entre los principales están:

- **Naftenatos:**

Sustancias derivadas del petróleo, como lo es el Acido Nafténico, combinadas con elementos metálicos como el Cobre y el Zinc.

Son compuestos cerosos o gomosos, no cristalinos y solubles en aceite y se aplican con brocha, aspersión o inmersión. Da coloración verde a la madera.

El Naftenato de cobre es el mas usado; es de color verde oscuro y olor ligeramente desagradable hasta que seca, pero no es tóxico ni irritante para la piel. Excelente para la intemperie y contacto con

el suelo; de gran toxicidad para hongos e insectos, no para el hombre ni animales caseros.

Se consigue en forma de concentrado al 5 % o al 10 % y para su aplicación se preparan soluciones al 3 o 5 % donde el cobre metálico se encuentra al 0.5 %.

- *Pentaclorofenol:*
Compuesto químico cristalino formado por reacción del cloro sobre el fenol. De gran toxicidad para humanos y animales y su uso está restringido.
- *Oxido tributil estano:*
Compuesto de alto poder fungicida e insecticida, que se fija bien en la madera; es inodoro incoloro e insoluble en agua, pero muy soluble en orgánicos.

El producto puro puede producir quemaduras o irritaciones de la piel. Su uso esta restringido, además de ser costoso y de difícil consecución.

- *Quinolinolato 8 de cobre:*
Ligeramente amarillento no cristalino; apropiado para protección contra hongos de pudrición y estabilidad dimensional de la madera; no es tóxico, recomendado para los casos en que la madera está en contacto con alimentos.

El producto es costoso y muy difícil de conseguir.

11.2.3. Productos inorgánicos:

A este grupo pertenecen los preservantes constituidos por sales metálicas simples, dobles o múltiples que se solubilizan en agua.

En su composición intervienen sustancias de reconocido poder fungicida e insecticida, además de un fijador que impide su lixiviación de la madera tratada.

Los cromatos alcalinos que se agregan a las soluciones preservantes, no solo son fijadores, sino que reducen la acidez y el efecto corrosivo.

- *Sales múltiples:*
Tiene en su composición un elemento fungicida como el cobre y un insecticida como el arsénico o el boro, además de un fijador, el cromo.

La toxicidad de las sales se expresa como FACTOR OXIDO, que es la suma de los pesos porcentuales de cada componente, expresados como óxidos, ya que son éstos los que determinan la actividad tóxica de la sal.

A continuación se expresa la composición de las principales sales:

- *Arsénico – Cobre – Amoniacales. (ACA):*
Oxido Cúprico – CuO = 49.8 %
Oxido Arsénico – As₂O₅ = 50.2 %
Disueltos en una solución de amoniaco (NH₃).

- *Cupro – Cromo – Arseniacales. (CCA):*
Oxido Crómico – CrO₃ = 47.5 %
Oxido Cúprico - CuO = 18.5 %
Oxido Arsénico – As₂O₅ = 34.0 %.

Cupro – Cromo – Bóricas (CCB):
Oxido Cúprico – CuO = 10.8 %
Oxido Crómico – CrO₃ = 26.4 %
Acido Bórico - H₃BO₃ = 25.5 %.

- *Compuestos de Boro:*
Inicialmente fueron usados como retardadores del fuego, pero luego se comprobó que tenían acción contra hongos e insectos, especialmente mancha azul y los Lyctidos.

La madera tratada con sales de boro, debe ser usada solamente en interiores o lugares secos para evitar que el producto químico se lixivie por acción de la humedad.

Los compuestos de boro deben mezclarse cantidades equivalentes de ácido bórico y bórax a razón de 40% de ácido y 60% de bórax (1 parte de ácido bórico equivale a 1.54 partes de bórax).

Los compuestos de boro no tiñen la madera y son tóxicos para los hongos e insectos, pero inocuos para el hombre y animales domésticos. Al utilizarse para inmunizar maderas para construcción, muebles y artesanías, la concentración recomendada y expresada como equivalente en ácido bórico debe ser del 2 al 3 %.

Producto de muy bajo costo y fácil consecución.

- *Otros productos hidrosolubles:
Existe en el mercado una gran cantidad de compuestos hidrosolubles para preservar madera, aunque su uso es muy restringido. Existen, por ejemplo, sales que combinan el cobre y el cromo con el flúor o el fósforo, las cuales son de altísima toxicidad para el hombre y animales domésticos.*

11.3. Medición del grado de protección:

La evaluación del grado de protección que se da a la madera mediante la aplicación de sustancias químicas, se realiza midiendo la Absorción y Penetración de los preservantes empleados en los diferentes procesos de impregnación.

11.3.1. Absorción:

Es la cantidad total de preservante que queda en la madera después de la impregnación.

La absorción depende de:

- *Sistema de impregnación utilizado.*
- *Del CH de la madera.*
- *Características de la madera a tratar y*
- *Naturaleza del producto químico preservante.*

Los tratamientos a vacío – presión requieren que la madera este seca, es decir, por debajo del punto de saturación de la fibra (20 a 25 % de CH).

En los tratamientos por capilaridad, difusión y osmosis, la madera deberá estar húmeda ya que el agua es el medio natural a través del cual el preservante penetra y se difunde en la madera.

La naturaleza de los productos químicos tiene influencia en la absorción. Los hidrosolubles, seguidos de las creosotas y los orgánicos, son los que presentan mayor absorción en iguales condiciones de tratamiento.

La albura, por ser porosa es más permeable, el duramen poco receptivo puede resultar impermeable.

Existen maderas muy fáciles de tratar y otras imposibles de preservar, localizándose otras entre estos dos extremos, lo que hace necesario clasificar las maderas según sus características de absorción.

La absorción se calcula de acuerdo al peso de la madera antes y después de impregnarla, por la formula:

$$A = \frac{P_2 - P_1}{V}$$

A = Absorción en Kgr/mtr^3

P_2 = Peso de la madera después del tratamiento, en Kgr.

P_1 = Peso de la madera antes del tratamiento, en Kgr.

V = Volumen de la madera en metros cúbicos.

Quando se conoce la concentración del preservante utilizado, como en hidrosolubles y Pentaclorofenol, se utiliza la formula:

$$A = \frac{P_2 - P_1}{V} \times \frac{C}{100}$$

Donde, C : Concentración del preservante.

De acuerdo a lo anterior, las maderas se clasifican según su capacidad de absorción, así:

Absorción Alta (AA) =+ de 10Kg de producto activo por metro cubico.

Absorción Buena (AB) = de 8 a 10Kg. de producto activo por metro cubico.

Absorción Mala (AM) = de 4 a 8Kg de producto activo por metro cubico.

Absorción Nula (AN) = menos de 4Kg de producto activo por metro cubico.

11.3.2. Penetración:

Es la profundidad que alcanza el preservante en la madera tratada.

Para que la penetración sea profunda, la madera debe estar seca y descortezada, salvo en el caso de tratamientos ya mencionados, donde se requiere de madera húmeda. La penetración también esta influenciada por la naturaleza del preservante; las creosotas y los oleosolubles tienen un alto poder de penetración; menor poder de los hidrosolubles, por factores de tensión superficial.

Cuanto más profunda sea la zona penetrada por el preservante, mejor será la protección de la madera.

El examen se debe realizar en la sección media de la pieza tratada, observando la coloración que haya tomado la parte impregnada. Cuando se trata de preservantes que no cambian el color de madera, se hace con reactivos químicos, específicos para cada caso.

De acuerdo a la penetración, las maderas se clasifican en:

Total regular (Tr) = Toda la sección esta penetrada con concentración uniforme.

Total irregular (Ti)= En la zona penetrada existen lagunas pequeñas con secciones de mayor concentración.

Parcial regular (Pr)=La zona penetrada es periférica y más o menos uniforme.

Parcial irregular (Pi)=Cuando la zona penetrada es periférica y no sigue patrón regular

Parcial vascular (Pv)= La penetración se realiza siguiendo los elementos de conducción (penetración longitudinal).

Penetración nula(Pn)= Cuando no existe penetración significativa.

11.3.3. Retención:

Es la cantidad de óxidos del preservante que ha quedado en la madera después del tratamiento. La retención es equivalente a la absorción neta y se expresa en kilos de sustancia activa (óxidos de preservante) por metro cúbico de madera.

12. Preservación de la Madera.

La preservación consiste Básicamente en incorporar a la madera las sustancias químicas adecuadas para controlar el factor alimento de los agentes biológicos destructores, prolongando así la duración del material.

El método o procedimiento de aplicación del preservante tiene gran influencia en el resultado del tratamiento. La preservación mas eficiente es aquella en que la madera contiene la cantidad justa y necesaria de preservante para el uso que se le va a dar.

Al establecer una clasificación de los métodos para preservar la madera, estos se agrupan en dos categorías básicas:

*Métodos profilácticos y
Métodos de preservación.*

12.1. Tratamientos profilácticos:

Las medidas profilácticas conservan la calidad de la madera por un tiempo relativamente corto, más o menos tres meses, antes de ser procesada, cortada o secada.

Dado que tiene una acción muy superficial, su efectividad depende fundamentalmente de su aplicación oportuna, es

decir, antes que los organismos hayan logrado penetrar.

Existen diversos métodos de protección que dependen de una gran cantidad de factores, entre los que figuran:

- *El clima.*
- *La calidad de la madera.*
- *El tiempo de estacionamiento o permanencia.*
- *El tipo de agente destructor.*
- *Los medios que se tengan para la protección.*

12.1.1. Tratamiento profiláctico para madera rolliza:

La madera rolliza, troncos y trozas, extraída del bosque o plantación se deja en estacionamiento por periodos de tiempo muy variables; algunas veces para acumular material antes del transporte, otras para almacenarlas y asegurar una alimentación continua del aserradero. Siempre la madera queda expuesta al ataque de hongos e insectos.

- *Almacenamiento en el bosque:
Los arboles y las trozas en el bosque son invadidas en pocas horas después de la tumba y troceo, por hongos e insectos xilofagos. La albura de todas las maderas, una vez tumbado el árbol, es susceptible al ataque, sobre todo en climas calientes y húmedos.*

La mejor medida profiláctica sería su inmediato transporte al sitio de procesamiento y su rápida transformación. Si esto no es posible, hay que tomar medidas que reduzcan a un mínimo el peligro de deterioro, como son:

- Colocar elementos que aislen la madera del contacto con el suelo.*
- *Protección de los extremos de las trozas.
El rápido secamiento facilita el agrietamiento a lo largo de la fibra y se incrementa el área para el ataque de los agentes destructores.*

La mejor protección de los extremos de las trozas, es su sellado impidiendo de sete modo el rápido secado y evitando el agrietamiento. Los materiales selladores puede ser pintura a base de caucho, parafina derretida, un sellador a base de resina sintéticas con un preservante, o mejor aun el mas económico de todos que es una mezcla de cal y sal.

La fumigación de las trozas con un preservante, inmediatamente después del apeo, es lo más aconsejable en condiciones tropicales.

- **Almacenamiento en patios:**
Los patios de almacenamiento en el bosque deben reunir condiciones mínimas de sanidad, como ausencia de malezas y buen drenaje, ubicados en lugares altos y planos con buena circulación de aire, buena capacidad que permita que las trozas estén bien apiladas. Una vez en el patio debe aplicarse un preservante contra hongos e insectos, como puede ser el Naftenato de cobre por aspersion.
- **Almacenamiento en estanques:**
Pueden ser artificiales o naturales aprovechando cursos naturales de agua, como lagunas, ríos, etc. Las trozas sumergidas en estanques no se rajan ni se agrietan y por el alto contenido de humedad, tampoco son atacadas por hongos e insectos. No todas las maderas se hunden en el agua como ocurre con maderas livianas que dejan partes expuestas al ataque biológico y a la acción directa del sol que puede causar agrietamiento cuando se ha removido la corteza. Estas partes deben ser fumigadas con productos no contaminantes.

12.1.2. Tratamiento profiláctico para madera aserrada.

La conservación de la calidad de la madera susceptible al ataque de hongos cromógenos e insectos, es indispensable;

- *Limpieza de las tablas: Una vez aserrada la Madera se debe retirar el aserrín de la superficie para en parte posibles focos de infección y facilitar el secado.*
- *Baño profiláctico: Toda la madera aserrada susceptible al ataque debe pasar en forma inmediata por un baño profiláctico de solución preservante. La concentración correcta de estos baños debe ser controlada en forma periódica para garantizar una optima protección durante el proceso.*
- *Una medida profiláctica muy importante es el secado correcto y rápido de la madera aserrada, hasta obtener un CH inferior al 20%, que impide el desarrollo de hongos.*
La mejor manera es el secado rápido en forma artificial en cámaras de secado a temperaturas

elevadas. Si esto no es posible, hay que secar la madera al aire libre apilándola en forma correcta para conservar su calidad.

12.2. Métodos de preservación:

Los métodos de preservación protegen la madera a largo plazo y se dividen en los siguientes tres procesos:

- Procesos sin presión.*
- Procesos a presión.*
- Procesos especiales.*

Los métodos sin presión son los más simples para tratar madera, siendo también simples los equipos que se utilizan, ya que son únicamente en base a presión atmosférica.

Los métodos a presión y vacío son más complejos y requieren de equipos especiales, autoclave para inyectar el preservante con ayuda de una presión alta en el rango de 8 a 14 Kgr. / cm².

El tercer grupo corresponde a los métodos para tratar madera bajo la acción de ligeras presiones, pero sin autoclave.

Las condiciones de uso de la madera determinan la cantidad de preservante que se debe inyectar. Las maderas más expuestas al deterioro son aquellas que estarán a la intemperie, en contacto con el suelo o con agua, o colocadas en ambientes saturados de humedad y temperaturas altas.

Estas condiciones determinan mayor protección, con cantidades suficientes de preservante y penetración profunda, debiendo utilizarse métodos a vacío y presión.

Cuando los riesgos no son significativos, los métodos sin presión son los más prácticos y económicos.

Las retenciones, absorciones y penetraciones están regidas por normas internacionales y dependen del preservante y método de preservación a utilizar.

12.2.1. Métodos sin presión:

Por tratarse de procedimientos muy sencillos y fáciles de aplicar, son muy diversos y variados, siendo los más conocidos los métodos por Brocha, Aspersión, Inmersión, Baño caliente-frío y los que utilizan los fenómenos de difusión.

- *Por Brocha, Rodillos y aspersion:*
Consiste en extender el liquido preservante en la superficie de la madera que se somete a tratamiento. La madera debe estar seca, CH \leq _20% y sin recubrimientos de cera, lacas, barnices, pinturas o corteza que actúan como barreras e impiden la penetración del preservante. Lo más indicado es cubrir íntegramente la superficie de la madera, lo cual se consigue con aplicaciones sucesivas si se trata de brocha, o con el empleo de abundante inmunizaste, si se trata de aspersion.

Los tratamientos por brocha y aspersion son temporales y deben repetirse periódicamente al menos una vez al año. Su uso esta limitado a madera para interiores o protegida en alguna forma de la intemperie.

- *Por inmersión:*
Consiste en sumergir la madera en una solución preservante empleando recipientes adecuados.

Según el tiempo que dure el tratamiento, la inmersión puede ser breve o prolongada; en el primer caso la madera y el preservante permanecen en contacto por segundos o minutos; en el segundo por horas o días.

Después de la impregnación la madera debe secarse, no solo para que escurra, sino también para dar lugar a la fijación del producto químico.

El tratamiento por inmersión se recomienda para piezas acabadas de poco espesor, ya que la retención obtenida es baja.

- *Por Baño Cliente y Frío:*
Consiste en sumergir la madera durante un tiempo determinado en una solución preservante o en agua caliente y luego en otra fría o a temperatura ambiente. Al calentarse la madera, el aire del interior se expande y sale ella. Luego, durante el enfriamiento, se produce un vacío parcial que favorece la penetración e incrementa la absorción del inmunizante.

La duración de cada baño depende de la especie, del tipo de solución y de las dimensiones de la madera a tratar. Lo más indicado para maderas tropicales es que la duración del baño frío sea el doble del tiempo

empleado para el caliente. Como guía, se puede considerar que por cada centímetro de madera a penetrar se requiere una hora de calentamiento.

La temperatura del baño caliente debe ser lo más alta posible, pero sin poner en peligro la marcha de la operación o la eficacia del producto químico usado como preservante. Preservante solubles en orgánicos son los más indicados ya que permiten alcanzar temperaturas de 70 a 90 °C. Las sales hidrosolubles NO son adecuadas ya que se descomponen al calentarlas por encima de 45 °C.

En la practica, el tratamiento por baño caliente y frío se realiza de la siguiente manera: Se calientan el preservante y la madera en un recipiente por un tiempo adecuado, de 4 a 8 horas, que depende de la especie y de la sección transversal; luego se dejan enfriar en el mismo recipiente donde recibieron el baño caliente. Para reducir el tiempo de enfriamiento se puede recurrir a un segundo tanque con preservante frío, al cual se traslada rápidamente la madera del tanque caliente.

Dado que en estos métodos se utilizan preservantes oleosos calientes de bajo punto de inflamación, deben extremarse todas las medidas y precauciones para evitar accidentes tales como incendios, explosiones u otros.

- *Por Difusión:*

- *Difusión simple: Se conoce como difusión simple el fenómeno por el cual dos soluciones de distinta concentración se transforman en una concentración homogénea.*

Aplicando este concepto, al sumergir una madera con alto CH en un preservante hidrosoluble, la materia activa del preservante es absorbida por el agua contenida en la madera hasta que se establece la misma concentración dentro y fuera de la pieza de madera.

El tratamiento por difusión simple se realiza en dos etapas: En la primera, la madera húmeda recién cortada se sumerge en el preservante para que absorba una buena cantidad de la sal,, la cual se difundirá a través del tejido leñoso incrementando

progresivamente la concentración del preservante.

En la segunda, la madera tratada se almacena en cobertizos, donde se mantiene una atmósfera saturada de humedad o cubierta con lonas o telas plásticas que impidan su secado, para poder completar el proceso de difusión del preservante. Finalizada esta etapa la madera se seca por cualquiera de los métodos descritos

La eficacia del tratamiento depende de: Contenido de humedad de la madera, especie y espesor de las piezas de madera, y naturaleza y concentración del preservante.

- *Doble difusión: Tiene por objeto formar sales de difícil lixiviación dentro de la madera. Esto se logra agregando separadamente a la madera sales o más productos hidrosolubles que al reaccionar forman precipitados insolubles en agua. Normalmente se utiliza Sulfato de Cobre, seguido de una solución que contenga cromatos de Sodio.*

En la práctica se utilizan productos hidrosolubles en pasta y la madera se deja con la cubierta protectora por espacio de 15 a 30 días, dependiendo de su espesor. Posteriormente, al igual que en el proceso de difusión simple, la madera tratada se almacena en cobertizos con atmósfera saturada de humedad o se cubre con lonas o plásticos para completar el proceso de difusión.

La eficacia del tratamiento depende también de las mismas características del proceso de difusión simple.

12.2.2. Métodos con presión:

Este tipo de procesos permite regular las condiciones de tratamiento, de modo que es posible variar la penetración y retención del preservante.

Se conocen tres tipos de procesos, que si bien, siguen el mismo principio de vacío y presión, varían en la forma y aplicación de ellos. Estos procesos son:

- *Proceso BETHELL o celular llena.*

- Proceso RUEPING.
- Proceso LOWRY.

12.2.3. Métodos especiales:

Existen numerosos procesos para la impregnación de maderas que emplean algún tipo de presión, pero sin encerrarla en autoclave. De ellos el más conocido es el proceso BOUCHERIE.

Este proceso es exclusivo para el tratamiento de la albura de madera rolliza en estado verde y recién cortada. El proceso consiste en reemplazar la savia de la madera por una solución de sales hidrosolubles, con la ayuda de un tanque para almacenar la solución preservadora y que se encuentra instalado a una altura de 7 a 10 mts., con una tubería matriz que reparte el preservante utilizando para ello la gravedad.

Se utiliza mayormente para el tratamiento de postes, los cuales deben conservar íntegramente la corteza y un extremo elevado para facilitar la circulación de la sabia.

12.3. Equipos para preservación de maderas:

La madera es un material que requiere preservarse para que su empleo resulte lo más ventajoso posible. Con frecuencia se puede observar que no existe armonía entre lo que se realiza y lo que se pretende obtener, como es el caso de que se pretende preservar grandes volúmenes de madera con equipos muy simples de bajo rendimiento y otras veces se hace trabajar equipos muy grandes y complejos por debajo de su capacidad obteniendo resultados antieconómicos o desalentadores.

Lo más indicado es que todo aquel que desee dedicarse a la preservación de madera, realice un estudio preliminar para basar su industria en aspectos bien definidos en cuanto a volúmenes a tratarse y el grado de protección requerido según el uso que se le vaya a dar a tales volúmenes.

En la actualidad, las técnicas de preservación son muy variadas, dependiendo de los objetivos fijados. De los tratamientos por brocha y aspersion a los realizados en autoclave, hay una gran diversidad de materiales, equipos e instalaciones, que es necesario saber seleccionar para obtener los resultados requeridos.

- **Brocha y Aspersión:**

Al tratar madera para construcción bajo techo, el brochado o la aspersion pueden dar resultados adecuados siempre que el

procedimiento se efectúe cuidadosamente, cumpliendo con los requisitos respecto a las cantidades necesarias de aplicación.

El contenido de humedad de la madera debe estar por debajo del punto de saturación de la fibra o sea en equilibrio con el medio ambiente y su superficie debe estar limpia y seca.

La rugosidad de la madera juega papel importante para la retención del preservante con el uso de estos métodos; una superficie aserrada y sin cepillar absorbe mucho más preservante que una superficie cepillada y lisa.

La brocha, aún cuando no puede considerarse como equipo de preservación, permite aplicar a la madera cualquiera de los tipos de preservadores existentes.

Para el uso de este método se deben tener en cuenta la selección adecuada del tipo de brocha que debe corresponder al grupo que pertenece el preservante que se desea aplicar; el tamaño de la brocha dependerá de la extensión de la superficie de la madera que haya que preservar; el material de las cerdas estará en función del preservante a utilizar, como es el caso de creosotas que se aplican en caliente.

Los aspersores portátiles para la aplicación de insecticidas, reemplazan a la brocha cuando hay que cubrir mayores superficies o éstas son irregulares. Con el uso de aspersores deben tenerse en cuenta algunas medidas, como: Las boquillas de salida deben dar buen abanico preservador; la empuñadura del aparato debe encontrarse a buena distancia de la boquilla a fin de evitar riesgos de quemaduras de la piel; las mangueras deben ser apropiadas y resistentes al preservante para evitar constantes reparaciones.

Para la aplicación de preservantes a brocha o aspersión y para el manipuleo de madera recién tratada, es indispensable el uso de guantes de protección, anteojos, mascarillas con filtros y ropa adecuada. La mayoría de los preservantes son irritantes a los ojos, piel y vías respiratorias.

El derrame de preservantes constituye un peligro para la contaminación del medio ambiente. Por lo tanto se debe tener presente, sobretodo en los casos de aplicación con brocha en que el riesgo es mayor, proceder a limitar el área y cubrirla con material absorbente como arena o aserrín.

Por los peligros de contaminación ambiental señalados, todo

sobrante del producto preservante y sus envases debe ser eliminados en lugares apropiados para evitar daños al ser humano o a la vida silvestre. De ninguna manera se debe arrojar los sobrantes a ríos o arroyos ni contaminar el agua lavando herramientas utilizadas en la aplicación.

- *Tratamiento Caliente y Frío:*

Son recipientes abiertos que se instalan sobre una sólida base de apoyo para dar seguridad al conjunto. Deben ser fuertes para soportar el peso de la madera y del preservante y provistos de sistemas para sumergir la madera en el tanque.

El material de construcción de los tanques no debe alterarse con el preservante. Por tal motivo, los recipientes de hierro y acero deben ser protegidos con pintura anticorrosiva a causa de sales hidrosolubles.

En los tratamientos de baño caliente y frío se requiere de medios para calentar el preservante durante el tratamiento.

El más simple es el tanque que se coloca sobre fuego directo. El recipiente que se utiliza con este método se obtiene cortando una de las tapas de una caneca metálica de 55 galones.

El fuego requerido para calentar el preservante se prepara sobre el suelo y para apoyo del tanque se utilizan ladrillos.

La regulación de la cantidad de calor es muy importante para evitar que la temperatura del preservante supere los límites de seguridad y se produzcan derrames que puedan ocasionar incendios.

Cuando hay necesidad de contar con tanques para baño caliente de mayor tamaño, se recurre a los serpentines de vapor o a los sistemas de calefacción eléctricos de inmersión, que son seguros y fáciles de manejar para regular la temperatura durante el tratamiento.

Adicionalmente se debe contar con tanques de almacenamiento para el preservante y calderas para suministrar vapor. Las tuberías, bombas, termómetros, niveles y otros instrumentos de medida o regulación son complemento indispensable de todo el equipo.

- *Tratamientos a presión:*

Por tratarse de procesos industriales que operan a gran escala, se debe contar con equipo completo de preservación además de:

- *Maquinaria para mover la madera.
Equipo adicional para descortezado, desbastado, cajear, taladrar, recortar.*
- *Patios adecuados para estacionar la madera y movilizarla.*
- *Horno completo de secado.*
- *Autoclave.*
- *Tanque de mezcla.*
- *Tanque de almacenamiento.*
- *Tanque de medida.*
- *Bombas de transferencia, vacío y presión.*

BIBLIOGRAFIA

- (1) CIDET, 1992. *Manual de control de calidad sobre inmunización de maderas para el sector eléctrico Colombiano*. Bogotá, D.E.
- (2) HOHEISEL, H., O. Escobar, O. López y L.C. Mejía. 1973. *Curso de actualización de secado de la madera*. U. Nacional de Colombia. Dpto. de Recursos Forestales. Medellín, Colombia.
- (3) HUNT, G.M. y G.A. GARRAT. 1962. *Preservación de la madera*. Salvat Editores S.A., Barcelona, España.
- (4) JUNAC. 1989. *Manual del Grupo Andino para el secado de la madera*. Lima, Perú.
- (5) JUNAC. 1989. *Manual del Grupo Andino para la preservación de maderas*. Lima, Perú.
- (6) LASTRA, J.A. 1981. *Aspectos generales sobre la estructura anatómica, propiedades físico-mecánicas y secado de la madera*. U. Distrital. Bogotá, D.E.
- (7) U. NACIONAL, ANDI, SENA, JUNAC. 1987. *Seminario sobre la preservación de la madera*. Bogotá D.E.

CONTENIDO DE HUMEDAD MUESTRAS DE CONTROL

SECADO NATURAL AL AIRE

ESPECIE : Amarillo

CARGA No. : 10

DIMENSIONES: (5x18x290)x80

CH DESEADO: 17 %

CALIDAD : Aserrió

VOLUMEN : 2,088 mts³

FECHA: Diciembre 4 de 1997

PESO INICIAL PROBETAS: 70-72-68-73-69-65 : 69,5 gr.

PESO INICIAL MUESTRAS: 5225-5195-5211:5210 gr

PESO SECO PROBETAS : 31-29-30-33-28-26 : 29,5 gr.

CH INICIAL : $\frac{69,5 - 29,5}{29,5} = 135,6 \%$

PESO seco horno calculado = $\frac{5210}{100 + 135,6} \times 100 = 2211 \text{ gr.}$

FECHA	HORA	HORAS ACUMUL	PESO ANHIDRO CALCULADO DE LA MUESTRA						CH PROMEDI O	OBSERVACIONES
			MUESTRA # 1		MUESTRA # 2		MUESTRA # 3			
			PESO	CH	PESO	CH	PESO	CH		
7/11/1997	8:00 a.m.	0	5.080	129.76	5.025	127.27	5.037	127.82	128.28	
9/11/1997	8:00 a.m.	48	4.850	119.36	4.830	118.46	4.810	117.55	118.45	
10/11/1997	8:00 a.m.	72	4.425	100.14	4.395	98.78	4.405	99.23	99.38	
11/11/1997	8:00 a.m.	96	4.150	87.70	4.080	84.53	4.105	85.66	85.96	
12/11/1997	8:00 a.m.	120	3.920	77.30	3.875	75.23	3.893	76.07	76.20	
14/11/1997	8:00 a.m.	168	3.610	63.27	3.590	62.37	3.601	62.87	62.83	
16/11/1997	8:00 a.m.	216	3.215	45.41	3.133	41.70	3.160	42.92	43.34	
18/11/1997	8:00 a.m.	264	2.860	29.35	2.830	27.99	2.847	28.77	28.70	
20/11/1997	8:00 a.m.	312	2.680	21.21	2.674	20.94	2.677	21.08	21.07	
22/11/1997	8:00 a.m.	360	2.585	16.91	2.580	16.68	2.572	16.33	16.64	

CH actual = $\frac{\text{Peso actual} - \text{Ps calculado}}{\text{Ps calculado}}$

CH final promedio : 16,64 %

F I G U R A S

.....

Tomado de (4)

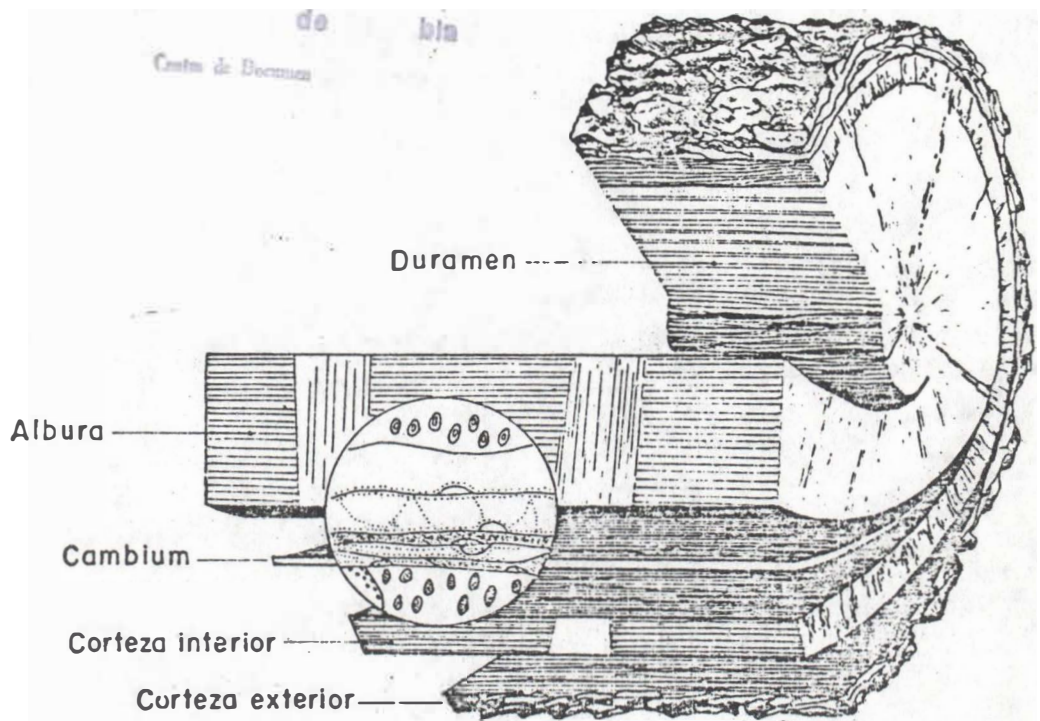


Fig. # 1 Formación de la madera en el árbol.

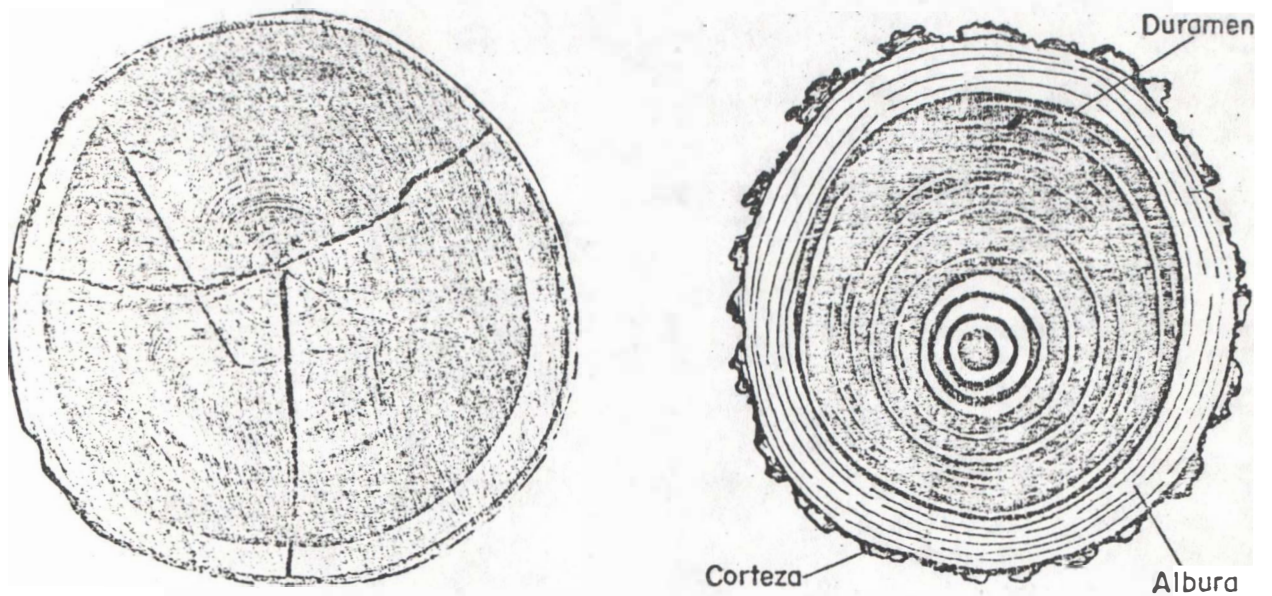


Fig. # 2 Sección transversal de un tronco. Albura y duramen diferenciados.

Tomado de (6)

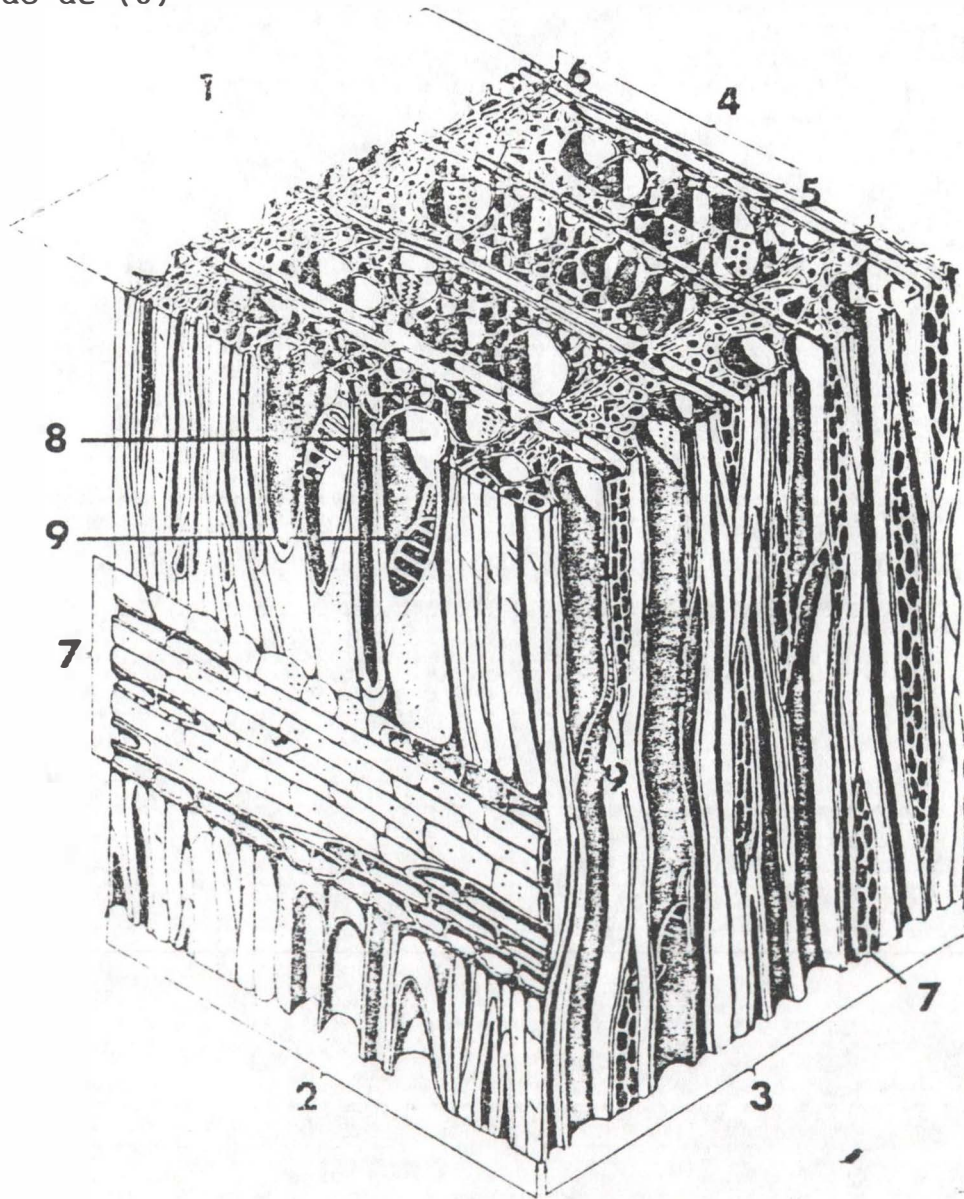


Fig. # 3 ESTRUCTURA DE LA MADERA DE LATIFOLIADAS

- | | |
|--------------------------|------------------------------|
| 1. Cara transversal | 6. Madera tardía |
| 2. Cara radial | 7. Radio medular |
| 3. Cara tangencial | 8. Vaso |
| 4. Anillo de crecimiento | 9. Platina de perforaciones. |
| 5. Madera temprana | |

Tomado de (6)

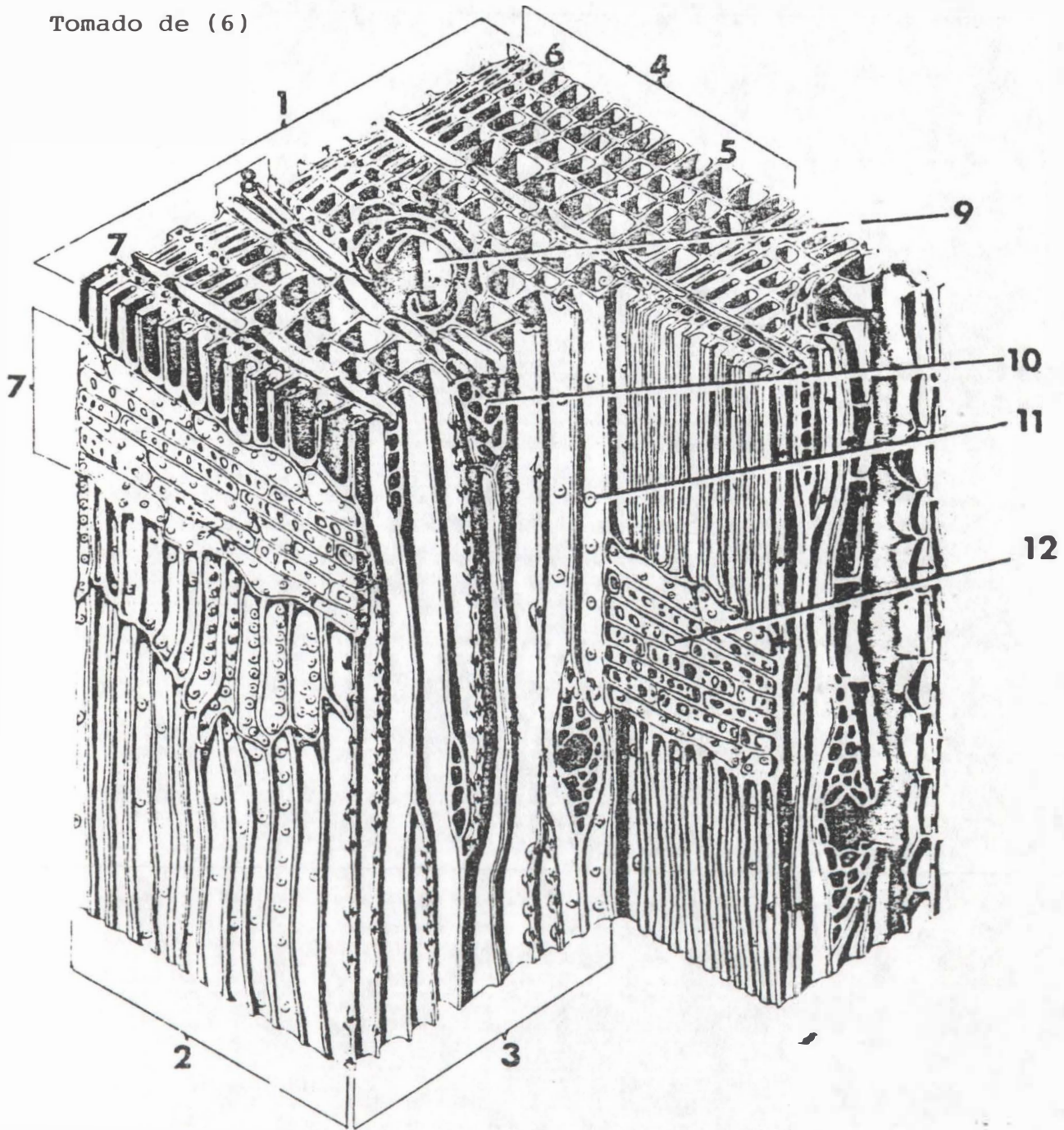


Fig. # 4 ESTRUCTURA DE LA MADERA DE CONIFERA

- | | |
|--------------------------|---------------------------------|
| 1. Cara transversal | 7. Radio medular |
| 2. Cara radial | 8. Radio fusiforme |
| 3. Cara tangencial | 9. Canal de resina longitudinal |
| 4. Anillo de crecimiento | 10. Canal de resina transversal |
| 5. Madera temprana | 11. Punteadura areolada |
| 6. Madera tardía | 12. Punteadura simple |

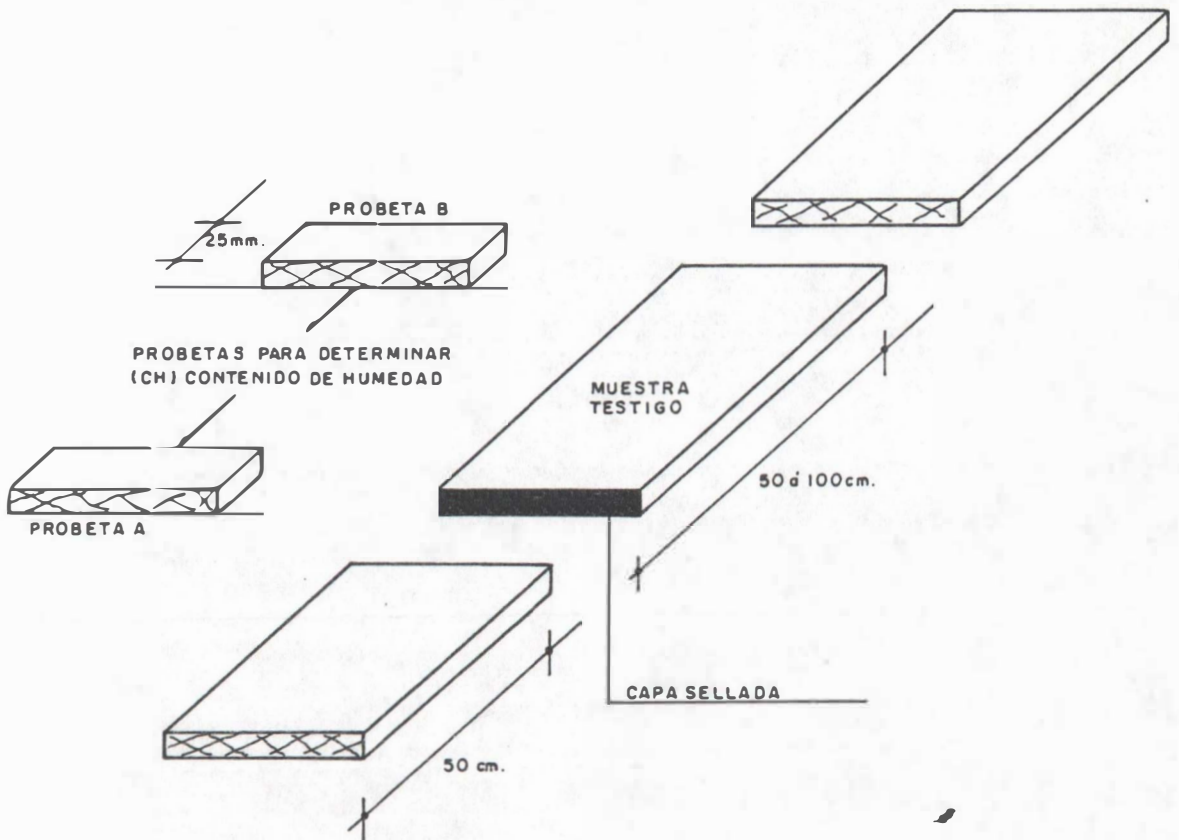
Tomado de (5)



Fig/ 5 Ciclo de generación de los insectos.

Tomado de (5)

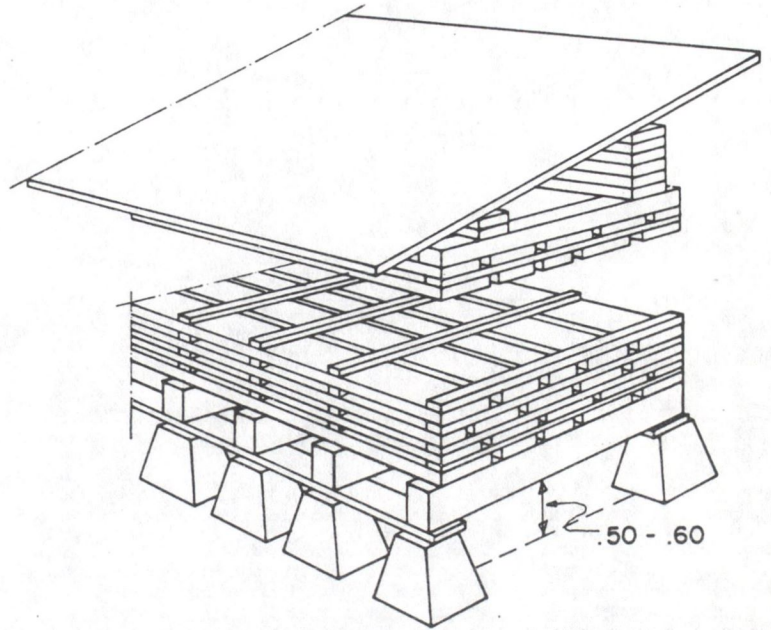
Fig. # 6



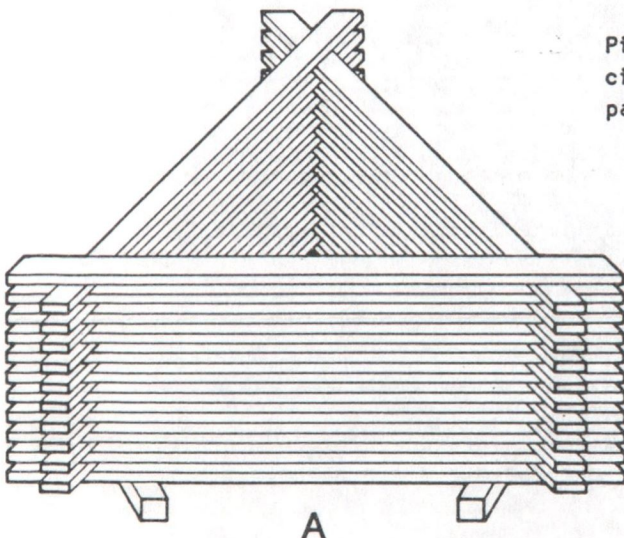
OBTENCION DE LAS PROBETAS O MUESTRAS DE CONTROL.

Tomado de (5)

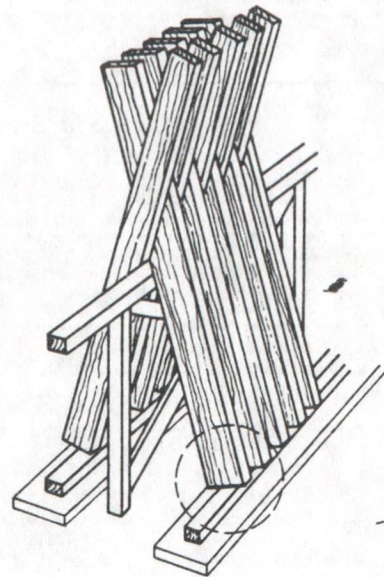
Fig. # 7



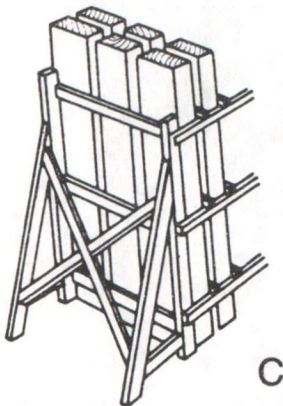
Pila de secado horizontal armada sobre bases o fundaciones que la separan del suelo y, con techo adecuado para proteger la madera contra el sol y el agua.



A

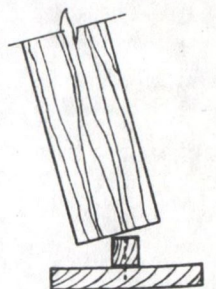


B



C

Sistemas especiales de apilado:
A) En triángulo hueco.
B) En X o a caballo.
C) Vertical.



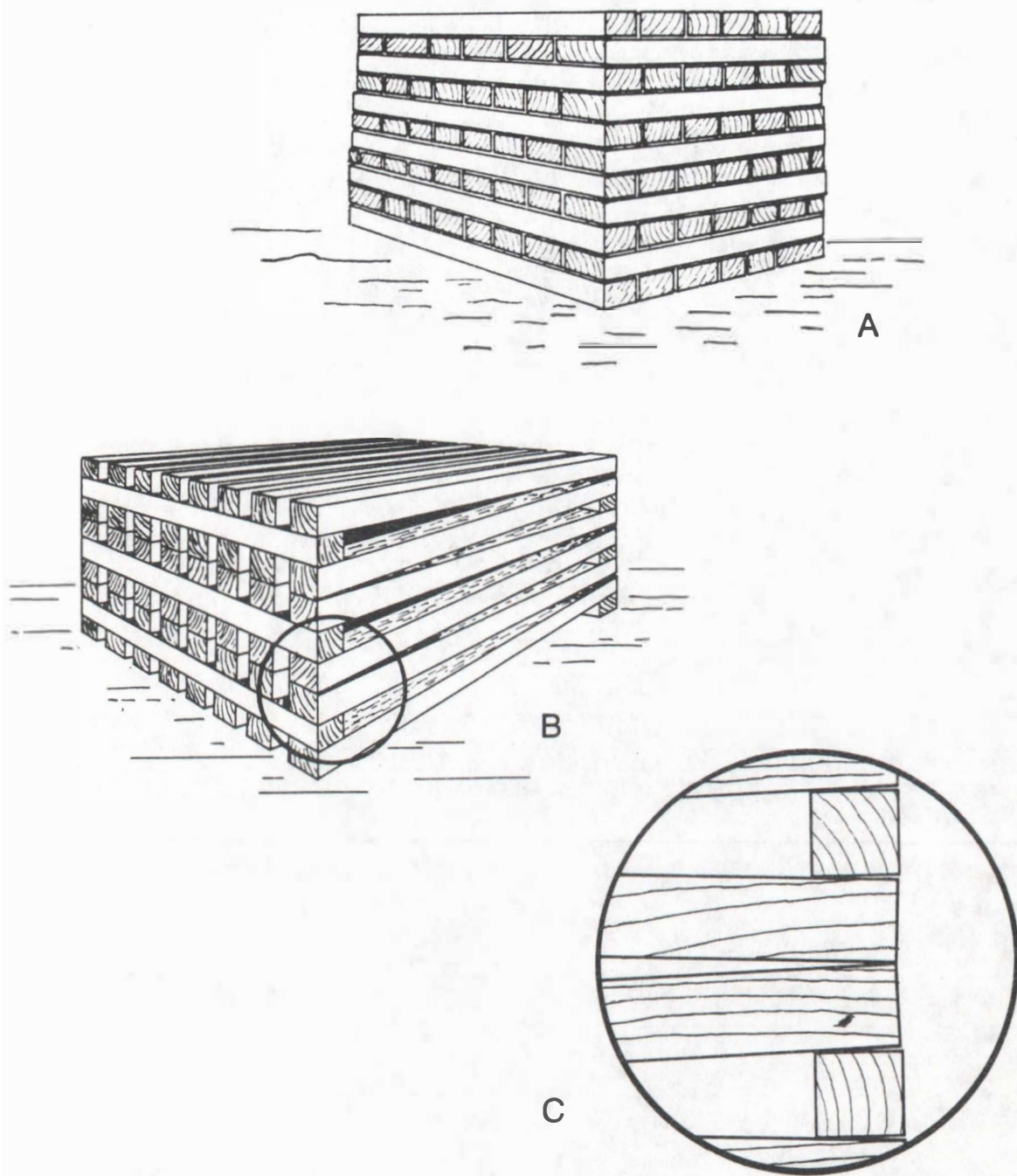


Fig. # 7a.

Apilado de durmientes para el secado al aire libre.

- A) Durmientes de EUCALIPTO en proceso de secado retardado (apilado cruzado), con el fin de reducir el agrietamiento.
- B) Durmientes apilados por los extremos (buena ventilación).
- C) Castillo de durmientes utilizando los mismos durmientes como separadores.

Tomado de (5)

Fig. # 8 DEFECTOS ORIGINADOS POR EL SECADO Y FORMAS DE REDUCIRLOS

Tomado de (6)

Los más comunes son grietas, rajaduras y alabeos originados por las tensiones internas que se establecen durante el secado.

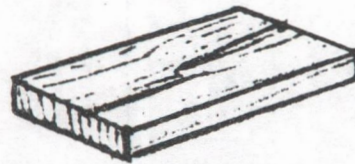
Un tipo especial de defecto es el colapso, que se produce debido a tensiones hidrostáticas creadas en los finos capilares del tejido leñoso por el fenómeno de tensión superficial.

Muchas veces se observa, puede ser característico de la especie, un oscurecimiento superficial de la madera, que puede ser localizado o extendido.

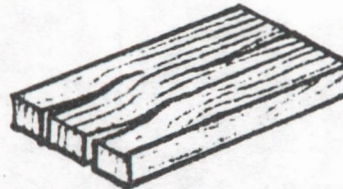
GRIETAS Y RAJADURAS

Las grietas y rajaduras se originan, en general, debido a un secado muy rápido, especialmente durante las primeras etapas o como consecuencia de un secado irregular a lo largo de una pieza de madera.

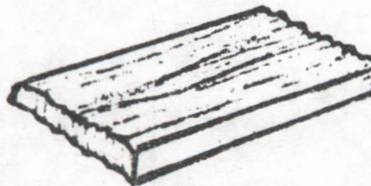
Las grietas pueden ser superficiales, terminales o internas. Pueden reducirse con un secado gradual, sea disminuyendo la velocidad del viento entre las pilas, o manteniendo una alta humedad relativa. Es recomendable además, evitar la evaporación del agua en los extremos con la aplicación del alguna sustancia impermeabilizante.



GRIETAS



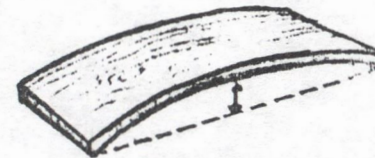
RAJADURAS



COLAPSO

ALABEOS

Estas deformaciones pueden deberse a tensiones internas que presenta el árbol, a un deficiente sistema de apilado, a un secado irregular o a la forma de aserrado de la madera. En este último caso, la deformación es causada por la contracción diferenciada en las tres direcciones de corte de la madera.



ARQUEADURA



ENCORVADURA



ABARQUILLADO



TORCEDURA

COLAPSO

El colapso se origina en las primeras etapas del secado y causa una deformación irregular de la madera, muchas veces acompañada por grietas internas de forma ovalada típica. Se puede disminuir su efecto con un secado gradual y, además, es posible su eliminación casi total al final del secado, usando un tratamiento de vaporización en ambiente saturado, a 100°C.

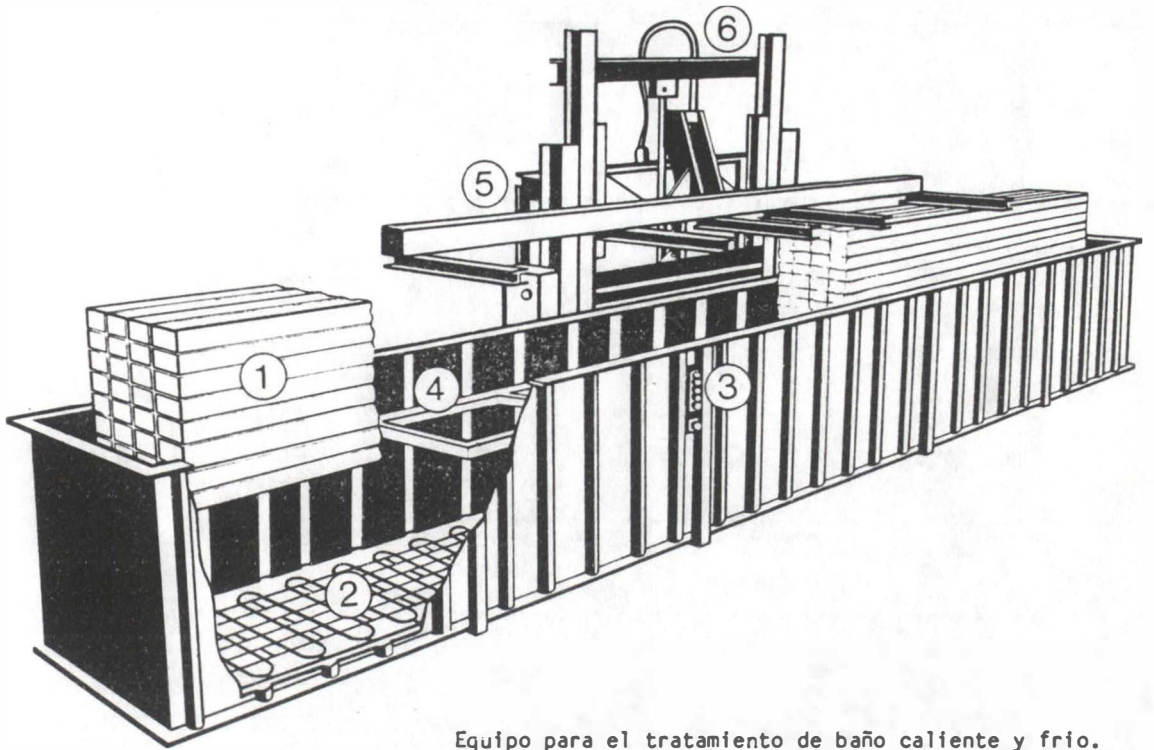
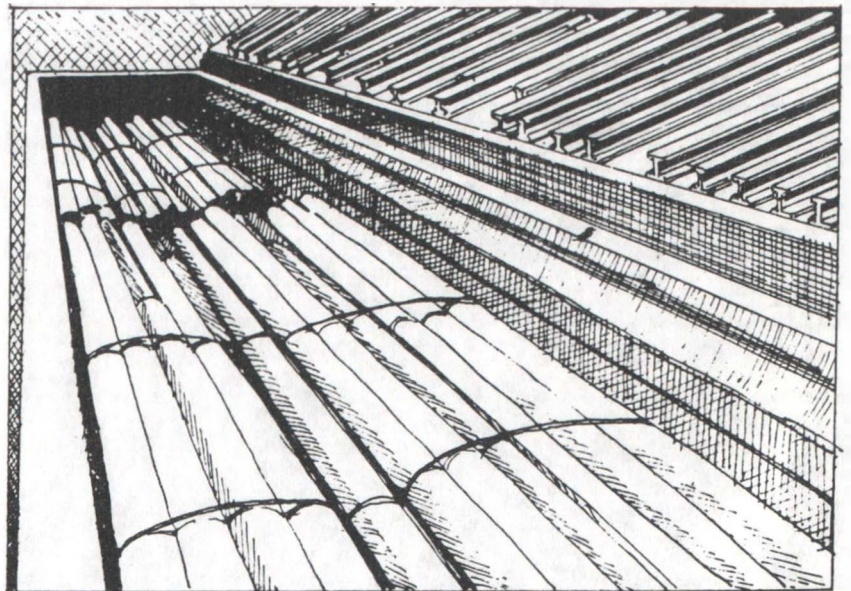


Fig. # 9

- Equipo para el tratamiento de baño caliente y frío.
- 1) Paquete de madera a tratar.
 - 2) Sistema de calefacción indirecta.
 - 3) Recipiente de inmersión.
 - 4) Dispositivo receptor de la madera.
 - 5) Dispositivo para sumergir.
 - 6) Mecanismos elevador hidráulico.



Tomado de (5)

Baño caliente y frío en el mismo recipiente dejando enfriar el preservante y la madera.