

**PROGRAMA DE DESARROLLO
DE POLÍTICAS DE COMERCIO EXTERIOR
1442 / OC - PE**

CONSULTORÍA DE SECADO Y PRESERVACIÓN DE MADERA ASERRADA

**MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA PARA LA
PRESERVACIÓN DE MADERA ASERRADA; ACORDE A LOS
ESTÁNDARES EXPRESADOS EN LAS PROPUESTAS DE NORMAS**

(VERSIÓN PRELIMINAR)

**CUARTO INFORME BIMENSUAL
(PRODUCTO IV)**

**Luis A. Novoa Robles
Consultor Forestal**

**DIRECCIÓN NACIONAL DE DESARROLLO DE
COMERCIO EXTERIOR
VICE MINISTERIO DE COMERCIO EXTERIOR**

Lima-Perú

Enero, 2006

CONTENIDO	N° PÁGINA
1. ANTECEDENTES.....	01
2. PROPÓSITO DEL MANUAL.....	01
2.1. Objetivos relacionados con el PENX.....	01
2.2. Finalidad de la preservación.....	01
2.3. Visión de desarrollo sostenible y tecnológico.....	02
3. CONSIDERACIONES DE BASE.....	02
3.1. La madera.....	02
3.1.1. Coníferas.....	02
3.1.2. Latifoliadas.....	03
3.1.3. Humedad en la madera.....	03
3.1.4. Durabilidad de la madera.....	04
3.1.5. Métodos para determinar la durabilidad natural de la madera.....	04
3.1.6. Degradación de la madera.....	05
3.1.7. Principales causas de degradación de la madera.....	06
A. Hongos.....	06
B. De origen animal.....	10
C. Agentes no biológicos.....	16
4. PRESERVANTES DE MADERA.....	16
4.1. Generalidades.....	16
4.2. Características de un preservante.....	17
4.3. Clasificación de los Preservantes.....	17
4.3.1. Creosotas.....	17
4.3.2. Productos orgánicos.....	18
4.3.3. Productos Inorgánicos.....	19
4.3.4. Preservantes en el mercado nacional.....	21
5. MÉTODOS DE PRESERVACIÓN.....	22
5.1. Generalidades.....	22
5.2. Métodos.....	22
5.2.1. Métodos sin presión.....	23
5.2.2. Métodos con presión.....	24
5.3. Eficacia de los métodos de tratamiento.....	25
6. PREPARACIÓN DE LA MADERA.....	25
6.1. Calidad de la madera.....	25
6.2. Manufactura o Acabado.....	25
6.3. Contenido de humedad.....	26
7. PRESERVACIÓN POR INMERSIÓN.....	26
7.1. Preparación del preservante.....	26
7.2. Procedimiento de preservación.....	26
8. PRESERVACIÓN CON PRODUCTOS ÓLEO SOLUBLES.....	27
8.1. Preparación del preservante.....	27
8.2. Absorción y penetración del preservador.....	27
8.3. Procedimiento de preservación por baño caliente y frío.....	27
9. PRESERVACIÓN POR VACÍO Y PRESIÓN.....	27
9.1. Preparación del preservante.....	27

9.2. Procedimiento por el método Bethell.....	28
9.2.1. Cargado en la autoclave.....	28
9.2.2. Vacío inicial.....	28
9.2.3. Llenado de la autoclave.....	28
9.2.4. Período de presión.....	28
9.2.5. Vacío final.....	28
9.2.6. Periodo de acondicionamiento final.....	28
10. MÉTODOS DE CONTROL DEL TRATAMIENTO.....	29
10.1. Toma de muestras.....	29
10.1.1. Madera preservada.....	29
10.1.2. Preservante.....	29
10.2. Método de ensayo.....	29
10.2.1. Características del preservante.....	29
10.2.2. Método de preservación.....	29
10.3. Análisis de la madera tratada.....	29
10.3.1. Determinación de la penetración.....	29
10.3.2. Determinación de la retención.....	30
10.4. Cálculos.....	30
10.4.1. Cantidad necesaria de preservante.....	30
10.4.2. Control de consumo de preservante.....	30
10.4.3. Absorción neta.....	31
10.4.4. Retención.....	31
11. REDUCCIÓN DE LOS DEFECTOS DE PRESERVACIÓN.....	32
12. BUENA PRÁCTICA DE PRESERVACIÓN.....	33
13. CALIDAD DE MADERA PRESERVADA.....	35
14. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS.....	36

MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA PARA LA PRESERVACIÓN DE MADERA ASERRADA

1. ANTECEDENTES

Dentro de las acciones que realiza el Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (MINCETUR), a través de la Dirección Nacional de Desarrollo de Comercio Exterior (DNC) se encuentran las medidas para la reactivación de las exportaciones nacionales, consideradas dentro del Plan Estratégico Nacional Exportador 2003-2013 (PENX).

En el Plan Estratégico Nacional Exportador (PENX), se encuentra el Plan del Sector Forestal Maderable. Los objetivos específicos de dicho documento, señalan entre otras, tareas vinculadas con la promoción técnica del secado y preservación de la madera, así como la creación de normas para homogenizar la calidad de los productos maderables cumpliendo con los estándares internacionales.

En este contexto resulta prioritario para promover un mayor flujo del comercio internacional de la madera tropical peruana, establecer normas básicas de secado y preservación así como el manual de buenas prácticas de dichas actividades manufactureras.

El objetivo general es el de; promover la oferta exportable de la madera tropical peruana a través de la adopción e implementación de normas técnicas por los productores nacionales para que la exportación de la madera aserrada sea de una calidad alta y homogénea.

2. PROPÓSITO DEL MANUAL

2.1. Objetivos relacionados con el PENX

Acorde al PENX, el presente manual está orientado a las buenas prácticas de manufactura para la preservación de madera aserrada, acorde a los estándares expresados en las normas.

Manual de buenas prácticas, que permita;

- servir como base para el control y seguimiento del proceso de preservación,
- vincular y facilitar un entendimiento de calidad y contractual, entre los productores y los compradores y,
- como herramienta referente, para la solución de posibles controversias.

El presente manual se basará en las correspondientes normas técnicas y su método de control, elaboradas por el consultor, así como en publicaciones, las que son señaladas en el acápite de bibliografía.

2.2. Finalidad de la preservación

En función de su uso en obra y de las condiciones climáticas, la madera está sujeta a ataques de agentes destructores, principalmente de insectos y hongos xilófagos. Por lo que hay que prever el empleo de adecuados tratamientos de preservación con productos eficaces y seguros para el hombre y ambiente.

Seleccionar los adecuados tratamientos, que implica tener conocimientos sobre el uso, la estructura, composición y durabilidad de la madera, así como de los agentes xilófagos.

Luchar contra los agentes destructores de la madera, es el de seleccionar un método de impregnación, así como de técnicas y productos eficaces, adaptadas a cada situación.

Las prescripciones técnicas del presente manual, servirán de lineamientos para su empleo en la protección y conservación de las obras hechas en base a madera.

La preservación incrementa la vida útil de la madera, mediante procesos físico químicos, además de alargar la vida útil de especies ya introducidas en el mercado, lo cual permitirá incorporar nuevas especies maderables; aspecto que incide directamente en el desarrollo económico y social.

Finalmente, mediante la adecuada preservación se evitará reemplazos de madera de obra y servicios, con el consiguiente ahorro de madera y de dinero.

2.3. Visión de desarrollo sostenible y tecnológico

Es indudable que uno de los pilares del desarrollo sostenible, es la utilización y puesta en valor de las especies líderes del bosque amazónico, sin dejar de lado las especies provenientes de plantaciones con fines industriales.

La estrategia debe ser centrada, en el desarrollo las redes de valor, en base a las especies líderes del bosque. Se tiene que recopilar, sistematizar y desarrollar conocimientos, desde el manejo silvicultural hasta el mercadeo, esto con el mayor valor agregado de productos forestales en base a la madera. Proceso que implica procesamientos en primera y segunda transformación, y dentro de estas se sitúan las tecnologías de secado y preservación.

Hay que señalar que la preservación de madera permitirá incorporar a un gran número de especies nuevas a los diferentes campos de aplicación, con igual o mayor duración que las tradicionalmente conocidas.

3. CONSIDERACIONES DE BASE

3.1. La madera.

La madera es un material biológico de naturaleza vegetal y composición química muy compleja, formada anatómicamente por la albura y duramen. Esta compleja organización estructural hace que la madera sea un material anisotrópico, con propiedades diferentes en sus tres planos normales de corte (transversal, radial y tangencial), que la convierten en un elemento particular y con propiedades diferentes a otros materiales comúnmente utilizados en la construcción.

Las mayores diferencias entre albura y duramen son de naturaleza química, ocasionadas por la infiltración en el duramen de aceites, gomas, resinas, taninos, compuestos aromáticos y colorantes que se convierten en tejido duro y de color generalmente oscuro que lo diferencia de la albura.

Al efectuar un corte transversal en el tronco de un árbol, se observan dos zonas diferenciadas: albura y duramen. Cuando el árbol envejece, el duramen cesa sus funciones de llevar sus nutrientes, llegándose a constituir en el elemento estructural y de sostén más importante del árbol; mientras que la albura, que es la parte más joven y externa del árbol, continúa suministrando los alimentos y agua para su desarrollo.

La proporción de albura y duramen en un árbol es muy variable; dependiendo de la especie, son en su mayoría alargadas y ahusadas, de naturaleza porosa y están clasificadas por su estructura en dos grandes grupos: coníferas y latifoliadas.

3.1.1. Coníferas

La madera de las coníferas está conformada generalmente en un 80 a 90% por traqueidas y se encuentran dispuestas en el sentido del eje del árbol, alargadas y fusiformes; permiten el paso de los líquidos; cumplen la función de transportar sustancias alimenticias y sirven de sostén a la estructura leñosa. Son células de mayor longitud y miden entre 2-5 mm. y pueden ser hasta 75 veces mayor que la magnitud de su diámetro.

Otro tipo de células de las coníferas son las parenquimáticas, más delgadas y de menor longitud

que las traqueidas, forman canales orientados transversalmente al eje del tronco, cumplen la función de conducir y almacenar sustancias nutritivas desde la corteza hasta la médula. Ocasionalmente, existen los canales resiníferos, que están rodeados de tejido parenquimatoso especializado, dispuesto en sentido longitudinal o dentro de los radios medulares.

3.1.2. Latifoliadas

La madera de especies latifoliadas tienen una estructura celular más compleja, constituidas principalmente por **fibras**, que son células alargadas agrupadas en haces y provistas de puntuaciones para facilitar el paso de nutrientes entre ellos. Está presente en la madera con un 50% o más de su volumen (mayor % de fibra, mayor densidad).

Asimismo, presentan **vasos**, que son elementos de conducción de agua y sales minerales, son células tubulares unidas por sus extremos, generalmente abiertos, y que también pueden llegar a formar hasta el 50 % del volumen de la madera.

Además, contienen células de **parénquima** que cumplen la función de conducción y almacenamiento de nutrientes, no sólo en sentido transversal, sino también en el longitudinal.

Ocasionalmente se encuentran los canales gomíferos que son células especializadas de parénquima, ubicadas longitudinalmente o dentro de los radios medulares.

Se debe mencionar también, que los contenidos celulares de la madera reaccionan con algunas sustancias químicas, dando lugar a precipitaciones insolubles que disminuyen o impiden la penetración de líquidos en el material al ser preservado, sobre todo si estos precipitados se producen rápidamente.

Existen además, maderas que por su naturaleza tienen un alto peso específico o baja porosidad, o cuyos conductos se hallan taponados por gomas o resinas, lo cual las convierte en poco penetrables por líquidos y por lo tanto, difíciles de preservar.

3.1.3. Humedad en la Madera

Cuando un árbol es talado, la madera posee gran cantidad de agua, el cual varía según la especie, lugar de procedencia y época de corta. La madera por ser un material poroso está conformada por células que tienen la función de conducción como ocurre con la albura, por lo que presenta un contenido de humedad mayor que el duramen. El agua se encuentra dentro de la madera bajo diferentes formas:

a). Agua Libre

Está presente ocupando cavidades celulares o el lumen de los elementos vasculares, dando a la madera lo que comúnmente se denomina la "condición verde" y, al iniciarse el secado, el agua libre de los poros 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 las fibras", que corresponde a un contenido de humedad que fluctúa entre 20-30 %. A partir de esta condición (p.s.f.), se producen modificaciones en las propiedades físicas - mecánicas, eléctricas, de secado y trabajabilidad de la madera.

b). Agua de Saturación o Higroscópica

Se encuentra presente en las paredes celulares y se la conoce también como: *agua de imbibición* o *agua absorbida*, la eliminación de esta agua ocurre con mayor lentitud, hasta lograr su estado de equilibrio higroscópico (12-18 %) de humedad, dependiendo el lugar donde se realice el secado.

c). Agua de Constitución

Constituye parte de la materia celular de la madera que no puede ser eliminada utilizando las técnicas comunes de secado, su eliminación implicaría la destrucción de la madera.

3.1.4. Durabilidad de la madera

Como todo material orgánico, la madera está propensa a su destrucción por diferentes agentes, que están influenciados a su vez por diferentes factores de variada índole.

Los compuestos orgánicos presentes dentro de la madera (celulosa, lignina) pueden ser propensos al ataque de ciertos organismos capaces de degradarlos, de acuerdo a sus exigencias biológicas específicas.

La durabilidad natural es la propiedad de la madera de resistir, en mayor o menor grado, el ataque de los agentes de destrucción en condiciones normales de uso. El grado de durabilidad de una pieza de madera varía en función de la especie. Fisiológicamente la albura carece de esta propiedad, mientras que el duramen es generalmente más resistente luego de largos períodos de exposición; esto se debe a que durante el proceso normal de crecimiento del árbol, las células del duramen se lignifican y en sus cavidades se depositan sustancias tóxicas que limitan o impiden el ataque de organismos degradantes.

Asimismo, la durabilidad natural depende de sus condiciones de uso, por ejemplo la madera será más susceptible a ser atacada en condiciones cálidas y húmedas, que en climas fríos y secos; la posibilidad de degradación será mayor si ésta se encuentra en contacto directo con el suelo.

Existen ciertas especies que tienen buena durabilidad natural debido a la presencia de ciertos constituyentes como son los fenoles (presentes en mayor porcentaje), antocianinas, glucósidos y otros que hasta hace muy poco se les llamaba taninos, y que actualmente reciben el nombre de polifenoles, los cuales son compuestos que tienen más de un grupo oxidrilo (OH-) en su anillo benzoico.

La naturaleza y la cantidad de los extractivos presentes en la madera son muy variables entre las especies de mayor durabilidad; ocasionalmente esta durabilidad se debe a la toxicidad para los hongos de los compuestos que se solubilizan en el alcohol - benceno, otras en cambio se deben a los compuestos solubles en agua caliente.

3.1.5. Métodos para determinar la durabilidad natural de la madera

Para determinar la durabilidad natural de la madera se pueden realizar diferentes ensayos en laboratorio o en cementerios de madera.

a). Ensayos de laboratorio

Para efectuar los ensayos de laboratorio se tienen como referencia normas americanas y europeas que se basan en la siembra de trozos de carpóforos en un medio de cultivo malta - agar, para luego realizar el aislamiento del hongo en placas Petri a una temperatura 25°C., una humedad relativa de 70 % y por un tiempo de 14 días en una cámara de incubación.

El objetivo de este ensayo, es determinar la masa de cada probeta por la diferencia de pesadas antes y después de haber estado expuesta al cultivo de hongo por el tiempo indicado.

Estos ensayos son sencillos de realizar, y además permiten obtener resultados que determinarán la eficiencia de los preservantes en madera tratada. Se debe contar con una muestra testigo y sin tratar con productos químicos preservantes para poder comparar los daños obtenidos. Actualmente se trabaja con un método denominado Soil - Block que consiste en colocar las probetas de madera sobre tierra, para estudiar el comportamiento tóxico de varios preservantes, obteniéndose comparaciones con las probetas tratadas y así determinar los puntos fungistáticos y fungicidas para los hongos, además de encontrar la dosis límite para evitar la continuación de su ciclo biológico. Con los resultados de los ensayos de laboratorio se pueden determinar con exactitud la resistencia ofrecida

por la madera ante la acción de cada especie de hongo.

Con la interpretación de los resultados se puede tener una clasificación de la madera por su durabilidad natural, siempre bajo ciertas técnicas y especificaciones de las normas, ya sea americanas (ASTM D-2017) como las europeas (EN113).

Cuadro: Clasificación de la Madera por su Durabilidad

CATEGORÍA AR (ALTAMENTE RESISTENTES)
Pérdida de peso entre el 0 y 1%, con una duración en uso exterior de más de 15 años. Son en general maderas de alta densidad y de duramen que no es posible de tratar
CATEGORÍA R (RESISTENTES)
Pérdida de peso entre el 1 a 5%, con una duración en uso exterior de 10 a 15 años. Son maderas de alta densidad y de tratamiento variable para el duramen.
CATEGORÍA MR (MODERADAMENTE RESISTENTE)
Pérdida de peso entre el 5 y 10%, con una duración en uso exterior entre 1 y 10 años. Son generalmente maderas de alta densidad y con posibilidades de recibir tratamiento.
CATEGORÍA MPR (MUY POCO RESISTENTES)
Pérdida de peso entre el 10 y 30%, con una duración en uso exterior de 1 a 5 años. Son maderas de densidad media y de buen tratamiento.
CATEGORÍA NR (NO RESISTENTES)
Pérdida de peso mayor a 30% y una duración de uso exterior menor de 1 año. Son en general maderas de baja densidad y de muy buen tratamiento.

b). Método de Campo o Cementerios

Al igual que las de laboratorio, estas pruebas permiten determinar la durabilidad y la efectividad tóxica de los productos químicos preservantes, la diferencia fundamental está en que en este método, los factores climáticos tienen influencia directa con el desarrollo del organismo xilófago.

Los cementerios de ensayo deben contar con ciertos requisitos para tener resultados satisfactorios, requisitos que garanticen la permanencia de su funcionamiento porque son de largos períodos de observación y no deben tener influencia de personas y animales. El ambiente tiene que reunir condiciones favorables para la actividad biológica de insectos y hongos, con buena exposición solar y que el terreno no haya sido utilizado en cultivos agrícolas.

El tamaño de las muestras en los cementerios de estacas puede ser variable, desde pequeñas hasta postes, y las evaluaciones se hacen por la intensidad de daños presentes y con la clave se interpretan los resultados de la inspección.

3.1.6. Degradación de la madera

La madera por ser un material de origen orgánico, está expuesta a una serie de ataques, ya sea por microorganismos, bacterias, hongos, insectos, perforadores marinos e inclusive animales superiores, o por causas no biológicas como el fuego, desgaste mecánico y acción de la intemperie.

Los microorganismos para sobrevivir requieren de:

- Fuente de alimentación.
- Humedad adecuada.
- Fuente de oxígeno.

- Temperatura.
- pH adecuado.

3.1.7. Principales causas de degradación de la madera

Los agentes biológicos atacan a la madera porque ésta constituye su fuente de alimento o una vía para conseguir el mismo, ya que no todas las maderas se comportan en forma similar frente a estos agentes. Algunas especies producen materiales llamados extractivos que le dan cierto nivel de resistencia frente al ataque de hongos e insectos, estos pueden ser: aceites esenciales, resinas y taninos, compuestos fenólicos, entre otros, que se acumulan en el duramen, y que no se presentan en la albura porque almacenan azúcares y almidones que son apetecidos por ciertos hongos e insectos xilófagos. Por esta razón la albura es susceptible al ataque de estos agentes.

La acción de diferentes preservantes y sus mecanismos de aplicación, no podrían ser plenamente entendidos sin un conocimiento básico de los procesos de deterioro en la madera.

Las bacterias no constituyen un peligro importante en la destrucción de la madera; sin embargo, se ha comprobado que existen relaciones con los ascomicetes, que causan cierto tipo de pudrición o mancha. El *Bacillus polymixa* es una bacteria capaz de atacar a la madera sumergida en el agua dulce, pero esta degradación es poco significativa.

Asimismo, los insectos se encuentran entre los principales agentes capaces de atacar a la madera. Entre ellos tenemos a los coleópteros (escarabajos), que con las termitas o “comejenes”, hormigas y avispas carpinteras. Los perforadores marinos atacan todo tipo de madera que se encuentra sumergida en agua de mar.

A. Hongos

La constitución de los hongos es relativamente simple, el cuerpo fructífero se conforma de células individuales llamadas hifas, células muy finas, con un diámetro de aproximadamente 2 μ m., microscópicas que poseen ramificaciones y paredes transparentes conformadas por quitina. El micelio, mediante la secreción de enzimas se encarga de suministrar alimento a los hongos, por lo tanto, tanto las hifas como el micelio son los verdaderos destructores de la madera.

Los hongos se desarrollan mediante las esporas que son las responsables de su propagación, y se producen dentro de los cuerpos fructíferos que dan lugar a los principales grupos: Agaricales y Polyporales.

Existen muchas variedades de hongos que utilizan a la madera como fuente de alimentación y los daños producidos por estos organismos pueden originarse incluso cuando un árbol está en pie. Sin embargo, sus altos contenidos de humedad los protege del ataque de hongos e insectos, pero cuando el árbol es derribado, comienza la pérdida del contenido de humedad en sus tejidos; entonces las esporas de los hongos, que circulan en el medio, encuentran el sustrato apropiado para su germinación y su posterior penetración en el tejido leñoso. Las preferencias alimenticias de los hongos son muy variadas, mientras unos desintegran las paredes celulares causando pudriciones, otros se alimentan de azúcares y almidones que forman parte del contenido celular y originan cambios de coloración en la madera.

Los hongos inferiores, llamados también saprofitos, son incapaces de producir por sí solos su alimento y la característica más importante es que crecen por micelio y se reproducen mediante esporas.

Para el desarrollo de estos organismos, es necesaria la existencia de ciertos factores indispensables para su actividad fisiológica, como son:

- Humedad:
Factor de gran importancia para la germinación, actividad enzimática, la absorción, y el transporte de sustancias; se desarrollan entre 30 - 50%.

- **Temperatura:**
Los hongos necesitan de una temperatura moderada para llevar a cabo su actividad vital, encontrándose dicha temperatura entre 20 a 40°C, finalizando toda actividad por debajo de los 3°C.
- **Oxígeno:**
Los hongos pertenecen al grupo de organismos aerobios y su respiración es posible cuando existe oxígeno en el ambiente en el cual se encuentran.
- **pH:**
La germinación de las esporas y el crecimiento del micelio dependen en gran parte del valor del pH, las maderas presentan un valor cercano a 5 y se sabe que los valores óptimos para el desarrollo de los hongos están entre 5 y 6, es decir en un medio ligeramente ácido.
- **Alimento:**
La madera constituye el alimento de los hongos, y en la mayoría de los casos, no pueden alimentarse directamente de ella, sin embargo lo hacen mediante la acción de enzimas que ellos mismos segregan, descomponiéndola en sustancias más simples y fácilmente asimilables.

a.1) Hongos cromógenos

Los hongos cromógenos son los que producen manchas en la superficie de la madera, siendo uno de los más comunes la mancha azul; se presentan en madera almacenada, aserrada y en trozas; esta coloración no puede ser eliminada, desvalorizando el material para algunos usos.

Se alimentan de sustancias de reserva en las células parenquimáticas de la albura, las hifas penetran a través de los radios leñosos mediante presión mecánica del extremo de las hifas, sin secreción de ectoenzimas que producen la lisis de la pared celular, por esta razón estos hongos no alteran las propiedades físicas y mecánicas de la madera.



a.2) Mohos

Son hongos que desarrollan su micelio en la superficie de la madera, penetrando las hifas en el interior a poca profundidad y ocasionando coloraciones o manchas, las cuales, junto con una pelusa blanquecina, pueden eliminarse mediante un cepillado leve. Se alimentan de sustancias de reserva depositadas en el interior de las células parenquimáticas de la albura, no dañando las paredes celulares, por lo que no alteran las propiedades mecánicas de la madera afectada.

a.3) Pudrición

Referida a la degradación de la madera en sus componentes químicos. La madera está conformada fundamentalmente por lignina y celulosa, sustancias muy apetecibles para los hongos de pudrición.

- **Pudrición Blanca:**

Estos tipos de hongos descomponen todos los elementos de la pared celular, entre ellos la lignina, mediante la acción de sus ectoenzimas, la madera afectada pierde su color característico, se vuelve fibrosa y se rompe con facilidad. La lignina se encuentra como material de incrustación en la lámina media y paredes celulares de la madera, por tratarse de un proceso de oxidación y no de hidrólisis, los hongos que degradan lignina deben poseer enzimas catacolasas o difenil oxidasas.



- **Pudrición Marrón o Parda**

La madera que presenta este tipo de pudrición tiene una apariencia resquebrajada en sentido transversal a la fibra, se la conoce también como pudrición cúbica o rómbica, pierde peso afectando sus propiedades físico - mecánicas. Este tipo de pudrición se caracteriza por la degradación de la celulosa a través de una acción enzimática, es un proceso complicado, la cadena de celulosa formada por unidades B-D glucosas que es el monómero que se halla unido por enlaces glucosídicos B.



Cuadro de características de pudrición blanca y parda:

Característica	Pudrición blanca	Pudrición parda o marrón
Color	Apariencia blanquecina	Marrón rojizo o negra
Compuestos removidos	Lignina	Celulosa
Concentración	Más o menos normal	Anormalmente alta, sobre todo longitudinal
Resistencia estática	Se reduce solo hasta cierto grado	Se reduce enormemente
Tenacidad	Se reduce rápidamente en las etapas iniciales	Se reduce rápidamente, aún en las etapas iniciales
Grado de polimerización	Disminución gradual	Disminución rápida
Rendimiento de pulpa	Similar al de maderas sanas	Bajo
Calidad de fibra	Comparable a la de madera sana	Pobre
Solubilidad en NaOH al 1%	Ligeramente superior a lo normal	Alta
Sustrato de madera	Latifoliadas	Coníferas

Efectos del Ataque del Hongo de Pudrición sobre las Propiedades de la Madera

Estos hongos al desarrollarse pueden producir alteraciones importantes en las características físicas y químicas de la madera infectada, dependiendo de la intensidad de la pudrición y de efectos específicos de los microorganismos.

Los efectos de estos organismos sobre la madera son:

- Alteraciones de la composición química.
- Disminución de peso.
- Reducción de la resistencia.
- Modificación del color natural.
- Reducción de la capacidad acústica.
- Incremento de inflamabilidad.
- Disminución del poder calorífico.
- Confiere mayor susceptibilidad al ataque de ciertos insectos.

B. De origen animal

Los insectos son el segundo grupo de organismos vivos enemigos naturales de la madera, ubicándose el mayor número de estos agentes destructores taxonómicamente dentro el orden de los coleópteros, siendo los más importantes los escarabajos y los del orden de los isópteros, como las termitas.

b.1) Ciclo de Vida de los Insectos Xilófagos

Los insectos xilófagos, dentro de su ciclo biológico, pasan por cuatro estados conocidos con los nombres de huevo, larva, pupa e insecto adulto o imago.

El material leñoso es afectado cuando las larvas construyen sus galerías en la madera para obtener su alimento y protección. Las hembras son las que al colocar sus huevos en lugares protegidos, provocan que, al incubarse y nacer las larvas, éstas puedan encontrar su alimento, construyendo galerías que modifican el aspecto de la madera y afectando sus propiedades mecánicas.



Figura x. Ciclo de generación de los insectos.

Dentro de los insectos existen Familias, Órdenes y Clases que son importantes por la intensidad y frecuencia de daños que producen en la madera (Tuset y Durán, 1979).

b.2) Insectos xilófagos más comunes**b.2.1) Orden Coleópteros****Familia Anóbidos:**

Son insectos pequeños que se alimentan de la celulosa, atacan maderas de coníferas y latifoliadas en estado seco, sus daños más importantes los producen en vigas, pilares, muebles y otras piezas de madera.

Las larvas construyen por lo general galerías en dirección de las fibras, dejando una capa externa sin destruir, que dificulta la intensidad e importancia de los daños a simple vista.

**Familia Líctidos:**

Son insectos de menor tamaño y se alimentan de sustancias de reserva de la madera, principalmente del almidón que se encuentra almacenado en la albura. Prefieren a la madera de las latifoliadas y se les reconoce por el fino aserrín de sus galerías.

Su ciclo biológico suele durar un año, de los huevos nacen pequeñas larvas que avanzan por los vasos en busca de almidón; estos escarabajos, llamados también polillas o barrenos, son del género *lyctus*.



**Familia Cerambycidos:**

Comprenden insectos de mediano y gran tamaño, se les reconoce por sus largas antenas; su alimento son las sustancias de reserva contenidas en latifoliadas y coníferas, atacan la albura, y algunas veces el duramen, pudiéndolos identificar y localizar por las galerías que elaboran en sentido de los anillos de crecimiento.

Los adultos son de forma aplastada y salen de la madera por orificios elípticos. Existen dos especies importantes: *Hilotrupes bajulus* lynn (taladro de la madera de pino) y *Phoracantha semipunctata* Fabr. (taladro del eucalipto).



Familia Scolitidos:

Son insectos pequeños, de cuerpo endurecido y de tonalidades tenues, que pueden ser de color negro, pardo o castaño, y de forma cilíndrica, siendo sus larvas ligeramente curvadas; desarrollan hábitos alimenticios variables, por lo que se les divide en dos grupos:

- Los que se alimentan de la madera o corteza, generalmente realizan un sistema de galerías por debajo de la corteza en árboles debilitados, la característica es la existencia de especies que son portadoras de hongos como la mancha azul.
- El otro grupo son los insectos "*Pin ole borers*" o "*Ambrosia bethes*", los cuales perforan profundamente los árboles debilitados y troncos recién apeados, construyendo túneles largos y rectos, no se alimentan de madera, sino que lo hacen de un hongo conocido como "ambrosía", que cultivan tanto para alimentarse ellos como sus larvas. La hembra deposita sus huevos en galerías y durante la incubación cubren las paredes de los túneles con el hongo ambrosía.

El ataque puede continuar mientras las condiciones de la madera sean adecuadas para el crecimiento del hongo, por lo que el daño generalmente ocurre en los meses de verano.



b.2.2) Orden Isópteros

Son insectos que habitan en zonas tropicales, realizan la función de desintegración de la madera y de otros materiales celulósicos, generalmente se alimentan de madera aserrada utilizada en construcción; no solo malogran el aspecto estructural, sino modifican significativamente su resistencia mecánica. De acuerdo a su exigencia y hábitos se dividen en tres grupos:

**Termitas de madera seca:**

Estos insectos no requieren de suministros especiales de agua, abren sus galerías y aprovechan las grietas existentes donde inician su actividad formando colonias. Son de color pálido cremoso y se las conocen como hormigas blancas, siendo el macho el único que presenta alas.

Debido a que las galerías se orientan siempre paralelas a las fibras, es difícil detectar el ataque en forma temprana. Generalmente se puede determinar el ataque cuando la pieza se encuentra bastante destruida interiormente, notándose solamente la presencia de pequeños orificios circulares abiertos para expeler los excrementos de las galerías hacia el exterior y permitir la salida de los adultos alados.

Generalmente habitan en el suelo con galerías dispuestas parcialmente, las colonias están situadas por partes en el suelo, su actividad se desarrolla casi exclusivamente en la madera por encima del suelo y los géneros más importantes son: *Cryptotermes* y *Heterotermes*.

Termitas de madera verde:

Estos organismos se alimentan de madera húmeda y, por lo general, realizan su ataque cuando ésta se encuentra como trozas; las colonias son pequeñas y muchas veces no tienen obreras y las ninfas son las que realizan las tareas. Pertenecen a este grupo las especies *Kalotermitidae* con colonias difusas.

Termitas subterráneas:

Estos insectos habitan en la tierra y a través de galerías logran alcanzar la madera, la cual es fuente de su alimentación. Son individuos que atacan edificaciones, puentes, construcciones de madera, cubiertas y pisos. La existencia de madera masticada en las estructuras es muestra evidente del ataque de termitas subterráneas.

b.3) Perforadores marinos

Constituyen el tercer grupo de enemigos de la madera, destruyéndola en astilleros, embarcaciones, muelles, otras estructuras, fijas y flotantes, establecidas en el mar, revisten mucha importancia tropicales y subtropicales donde se encuentran todas las especies capaces de atacar a la maderas; entre estos perforadores marinos se ubican taxonómicamente dos grupos: Moluscos y Crustáceos.

**Moluscos**

Estos perforadores de madera se encuentran en el Orden Eulamellibranchiata y pertenecen a dos familias Teredinidae, con los géneros *Teredo* y *Bankia* y Pholodiadae, con el género *Martesia*.

La Familia Teredinidae agrupa a una serie de especies en forma muy similar a la de un gusano, con un cuerpo alargado y un par de apéndices que le sirven para remar y posteriormente cerrar la apertura de galería; tienen el hábito de perforar túneles en la madera y dejar en su galería una capa de una sustancia parecida a la de su caparazón, estos túneles pueden ser de longitud de más de un metro.

El ciclo biológico es simple y algunas especies del género *Bankia*, están formados por una serie de segmentos más o menos articulados, los huevos y el esperma son liberados en el agua y deben encontrarse por casualidad, fecundado el huevo se desarrolla rápidamente y al cabo de tres horas una larva aparece libremente nadando, son diminutas y con cilias que le sirven de aparato locomotor para capturar su alimento. En otro de los géneros *Teredo*, la hembra retiene a sus huevos hasta que es fertilizada por el esperma. El ciclo de vida similar en todos los moluscos, viven y se desarrollan en aguas que tengan no menos que el 10 % de salinidad.

Crustáceos

Estos organismos se distinguen por poseer un cuerpo dividido en dos partes; dos pares de antenas y por lo menos cinco pares de patas. Comprende el suborden Isópoda, con un género barrenador bastante común, *Limnoria* sp. son pequeños de 3 mm., redondeados y pueden desarrollarse para formar una bola, a medida que los huevos eclosionan los limnoria inmaduros comienzan a barrenar la madera, el daño causado es debido al gran número de perforaciones.

C. Agentes no biológicos

c.1) Acción del Fuego

Al fuego se le considera como uno de los principales agentes de destrucción de la madera. Cuando una madera es sometida al fuego se calienta, y se consume lentamente debido a la reacción endotérmica que se produce; pero a partir de 250°C se inicia una reacción exotérmica, con una rápida elevación de temperatura, que favorece la combustión y la formación de gases inflamables que contribuyen a la destrucción total del leño.

La pirólisis puede ser rápida o lenta, dependiendo de un gran número de factores, tales como temperatura, presión, tiempo y condiciones ambientales.

La pirólisis rápida sucede cuando la madera se quema, produciendo más gases inflamables y alquitranes, en cambio, en la pirólisis lenta se produce más carbón (forma una capa aislante) y menos gases inflamables, por lo que los productos empleados en la preservación de la madera contra el fuego deben favorecer la pirólisis lenta como forma de protección.

c.2) Temperización

La madera también se deteriora con la exposición a diversos agentes de tipo climático que, con su acción combinada, provocan su desgaste.

Las continuas fluctuaciones de temperatura y humedad ocasionan la contracción o hinchamiento de las capas superficiales de la madera, lo que conlleva a la formación de pequeñas grietas y su posterior desfibramiento, dejando al descubierto nuevas capas que serán afectadas por un proceso similar.

El viento transporta partículas de polvo y arena que impactan a la madera, contribuyendo a su desgaste; existe una acción química donde intervienen el oxígeno del aire y la acción de los rayos solares que afectan en grado considerable la integridad de la madera.

c.3) Desgaste Mecánico

Cuando la madera se encuentra sometida a condiciones de movimiento y vibración, está propensa al deterioro por desgaste mecánico, como en el caso de los durmientes de ferrocarril, maderas de puentes, entre otros productos que se encuentran expuestos a la acción de rozamiento.

4. PRESERVANTES DE MADERA

4.1. Generalidades

Un producto activo biocida es una sustancia tóxica o un micro-organismo, (virus u hongo), que ejerce una acción general o específica sobre organismos degradadores de la madera. Estos pueden ser productos químicos o biológicos. Un producto biocida puede ser una sustancia activa, una formulación o un dispositivo.

Está referido a las sustancias tóxicas que se aplican a la madera para prolongar su vida útil e impedir su destrucción por la acción de agentes biológicos.

La industria de la preservación de maderas ha descubierto numerosas sustancias tóxicas que, aplicadas racional y convenientemente, protegen la madera de sus enemigos naturales.

Estos compuestos químicos, puros o mezclados, varían ampliamente en naturaleza, costo y eficacia; aspectos que están directamente relacionados con el uso al que se va destinar la madera.

4.2. Características de un Preservante

Un preservante debe reunir ciertas características:

- 1) **Toxicidad**, es fundamental para poder controlar o anular la actividad de los agentes biológicos que afectan a la madera. La toxicidad del producto esta dada por la menor cantidad de producto químico activo. Para que una sustancia o producto químico ejerza su acción en forma prolongada, debe ser soluble en los líquidos celulares de los agentes xilófagos. Existen casos como el de la creosota y pentaclorofenol que son insolubles en agua, pero son suficientemente solubles en la fisiología de los insectos, hongos, produciendo en ellos su muerte.
- 2) **Penetrabilidad**; para alcanzar la efectividad en este sentido es necesario contar con factores como el contenido de humedad, porosidad de la madera y el grado de viscosidad del producto químico. En algunos casos, las sustancias químicas reaccionan con la madera, produciendo precipitados insolubles que disminuyen o impiden la penetración del preservante. Algunas maderas por su naturaleza tienen alto peso específico o baja porosidad, y a veces sus conductos se hallan taponados por gomas o resinas, lo cual la hace impermeable y difícil de impregnar.
- 3) **Permanencia**; para que el preservante ofrezca a la madera una garantía de permanencia debe poseer componentes tóxicos que puedan fijarse en forma permanente, sin producir soluciones químicas, y que conserven sus características y no se alteren por lixiviación, volatilización o por cambios químicos.
- 4) **Inocuidad**; todo preservante debe ser seguro de manipular, no deben exigir otros cuidados que los requeridos por los productos químicos que la componen, y cuando este presenta riesgo especial, se le debe clasificar como peligroso.
- 5) **No corrosivos**; un buen preservador no debe ser corrosivo para los metales como son los alambres, clavos pernos y equipos.
- 6) **No combustibles**; las sustancias químicas tóxicas o preservantes no deben aumentar el poder de combustión de la madera tratada. Debe considerarse que el riesgo es menor cuando la madera se trata con productos hidrosolubles y que con los óleosolubles, que están expuestos por la eliminación de exudaciones, son mayores los riesgos a la inflamabilidad.
- 7) **No debe ofrecer dificultad**; para su incorporación a la madera y permitir buenos acabados en el material.
- 8) **No fitotóxicos**; cuando la madera tratada será utilizada en ciertos cultivos agrícolas, debe tomarse el cuidado de que el compuesto químico no contamine los productos alimenticios.
- 9) **Económicos y accesibles**; los costos de los preservantes influyen sobre el valor final de la madera tratada, con un costo que pueda impedir que ella compita, con otras sin tratamiento o con materiales capaces de sustituirla.

4.3. Clasificación de los Preservantes

Se tienen diversas formas de clasificar a los preservantes, por su origen o uso.

4.3.1. Creosotas

Según las normas americanas AWPA, la creosota se obtiene de la destilación de alquitrán de hulla, producido por carbonización a temperatura elevada de la hulla bituminosa; es una mezcla extraordinariamente compleja que contiene sustancias neutras, ácidas y alcalinas, la separación industrial de los componentes de alquitrán se hace por medios químicos, entre estas sustancias tenemos a los hidrocarburos aromáticos que componen el grupo mayoritario (80-90 %), otros como el antraceno, naftaleno, benceno xileno; la fracción ácida que es 5% de la creosota total constituida por fenoles

creosoles, xilenoles y naftoles de alto poder fungicida e insecticida, y finalmente la fracción básica también el 5% de la creosota, constituida por peridinas, quinolininas y acridinas.

Las características de la creosota son: insoluble en el agua, alta toxicidad contra hongos e insectos, de buena permanencia, no tiene acción corrosiva con los metales, de olor fuerte y penetrante, no aconsejable para interiores de viviendas, la madera preservada no puede ser pintada ni barnizada, queda muy sucia y produce irritación en la piel, debido a su compleja composición, es muy difícil trabajar con un producto homogéneo.

En este grupo se encuentra una variedad de sustancias, que se ha ido desarrollando recientemente, tomando en cuenta que su característica principal de ser solubles en solventes oleosos derivados del petróleo. La eficiencia de estos productos químicos puede variar en función a las concentraciones y solventes. Entre los principales preservantes figuran los naftenatos, el pentaclorofenol, el óxido tributil estannoso y el quinolinolato de cobre.

4.3.2. Productos orgánicos (Óleo solubles)

Naftenatos:

Son sustancias provenientes de la combinación de ácidos nafténicos; obtenidos como subproductos en la refinación de petróleo y sales de elementos metálicos, como el cobre y el zinc. Los naftenatos son compuestos cerosos o gomosos no cristalinos y solubles en aceite. El naftenato de cobre es el más generalizado en la preservación de maderas, de color verde oscuro y olor desagradable, de gran toxicidad para hongos. En su preparación y aplicación se utilizan soluciones al 5%, donde el cobre metálico se encuentra al 0.5%, la madera tratada con esta sustancia no es fácil de pintar pues el color verde oscuro exuda a través de la pintura.

Pentaclorofenol:

El pentaclorofenol es un compuesto químico cristalino formado por reacción de cloro sobre el fenol (C_6H_5OH). Se fabricó a escala industrial con el nombre abreviado de penta; es el más tóxico y empleado dentro de los preservantes orgánicos óleo solubles, resulta eficaz para hongos e insectos pero ineficaz contra los perforadores marinos.

Para su empleo como preservador, se disuelve en aceite y su aplicación puede ser inmediata y contiene el 5% de producto activo, el penta como sustancia química, es un producto escamoso granulado de color parduzco, insoluble en agua. Su punto de solidificación es de 174 °C como mínimo y la máxima cantidad de insolubles en álcali es de 1%, es ligeramente ácido y reacciona con los álcalis fuertes de sodio y potasio para formar sales solubles en agua; se utiliza para combatir a la mancha azul de la madera, puede ser descompuesto por los agentes oxidantes fuertes, como el ácido nítrico, con el que forma el tetracloro - quinona o clorametil.

La AWPA establece, en sus normas técnicas, los pasos a seguir mediante tablas y factores de corrección para los aceites y temperaturas utilizadas. Es irritante a la piel y las mucosas. Entre las principales características del penta se encuentra su baja volatilidad y gran estabilidad química.

Oxido Tributil Estanoso:

Es un producto de alto poder fungicida e insecticida, se fija bien en la madera, es incoloro e insoluble en agua y es soluble en la mayoría de los solventes orgánicos.

Este preservante tiene una afinidad natural por los materiales celulósicos, por lo que controla muy bien a los hongos que son causantes de la pudrición parda en la madera; presenta la característica de no ser fácilmente lixiviable.

Quinolinolato 8 de Cobre:

Es un producto de color ligeramente amarillento, se disuelve en solventes ligeros, además de la protección contra hongos tiene buena fijación en la madera, y se recomienda su utilización en madera que tiene contacto con productos alimenticios, no es irritable a la piel.

4.3.3. Productos Inorgánicos

A este grupo corresponde una serie de sustancias o mezclas químicas que se emplean utilizando el agua como solvente, tienen gran poder fungicida e insecticida, son buenos fijadores, reducen la acidez y el efecto corrosivo, no son fitotóxicos, carecen de olor y no son inflamables. Algunos preservantes de este grupo se fijan muy bien en la madera, siendo muy resistentes a la lixiviación, permiten un buen acabado en la madera. La desventaja es que hinchan a la madera recién impregnada y obliga, en algunos casos, a secar nuevamente a una temperatura máxima de 60 °C, porque se corre el riesgo de la descomposición del preservante (sulfato de cobre).

Sulfato de Cobre:

Este preservante ha sido utilizado para el tratamiento de postes de alambrado y de sostén de los espaldares de viñas. Utilizado desde el año 1767 en Francia y patentado por M. BOUCHERIE, tiene un gran poder fungicida y costo reducido, las desventajas son: es corrosivo al acero, y permanece soluble dentro de la madera, por lo que es propenso a ser eliminado por lixiviación durante su puesta en servicio, disminuyendo sus propiedades de protección, su dosificación corriente es al 5% de concentración en agua y los tratamientos de impregnación recomendados son el de ascensión y Boucherie con sus modificaciones.

Sales Múltiples:

Las sales preservantes tienen en su composición un elemento fungicida, como el cobre, y un insecticida, como el arsénico o el boro; además se incluye un fijador como el cromo, las principales características de estas sales son su alta resistencia a la lixiviación, especialmente en maderas de coníferas, y una buena fijación de los principios activos; asimismo, se debe tener precaución para su manipulación.

Para una protección efectiva en la madera es necesario conocer el uso que se le va a dar, y la única base objetiva para comparar la toxicidad de las sales preservadoras, es la cantidad de sustancias tóxicas inyectadas en la madera tratada. Entre las principales sales múltiples utilizadas tenemos:

Arsénico - Cobre - Amoniacales (A.C.A.):

Está formada por cobre en forma de óxido cúprico (CuO) y arsénico, en forma de óxido arsénico, deben ser disueltos en amoníaco, a las dos o tres semanas de tratada la madera, se evapora el amoníaco que solubiliza a la materia activa en agua y los precipitados de cobre y arsénico, que se fijan definitivamente en la madera. Estas sales son eficaces contra hongos e insectos cuando están en contacto con el suelo y su uso ha sido oficializado por la AWPA mediante norma P5 - 83.

Cobre – Cromo – Arsénico (CCA):

Son los preservantes más ampliamente usados en el ámbito mundial, debido a su gran capacidad de fijación en la madera, a la facilidad de aplicación y a su efectividad.

La durabilidad de la madera tratada con **CCA** supera los 20 años, dependiendo de su uso y de la cantidad de preservante impregnada. La mayoría de postes tratados con CCA para el tendido eléctrico y telefónico, instalados en zonas de alta humedad y temperatura en U.S.A., han cumplido más de 50 años de uso sin necesidad de ser reemplazados.

El nombre CCA proviene de los componentes químicos que son el COBRE, que impide el ataque de hongos y bacterias; el CROMO, que es el elemento responsable de la fijación definitiva del preservante en la madera, y el ARSÉNICO, que protege la madera de los insectos

Los preservantes CCA se unen químicamente a la madera en una reacción de fijación, que consiste en que el cromo reacciona con los componentes de la madera (azúcares), formando una mezcla de compuestos insolubles, involucrando al arsénico y cobre en ellos.

Para la formulación del preservante CCA se utilizan ÓXIDOS de estos tres elementos, es decir, óxido de cobre (CuO), óxido de cromo (CrO₃) y óxido de arsénico (As₂O₅).

La Norma AWPA P5-83 reconoce tres tipos distintos de sales CCA tipo A, B y C con sus características siguientes:

	TIPO A			TIPO B			TIPO C		
	Mín.	Prom.	Máx.	Mín.	Prom.	Máx.	Mín.	Prom.	Máx.
CrO ₃	59.4	65.5	69.3	33.0	35.3	38.0	44.5	47.5	50.5
CuO	16.0	18.1	29.9	18.0	19.6	22.0	17.0	18.5	21.0
Ar ₂ O ₅	14.7	16.4	19.7	42.0	45.1	48.0	30.0	34.0	38.0

Cupro - Cromo - Bóricas (CCB):

Los componentes activos de las sales CCB, combinan la acción fungicida del cobre con el insecticida del boro y con el poder de fijación del cromo para evitar la lixiviación.

Es un preservante insecticida y fungicida para la aplicación de árboles recién apeados, adquieren una coloración verdosa; puede ser pintada, de fácil manipulación, no despiden olores ni vapores irritantes, y utilizadas para la construcción rural. La fijación de estas sales en la madera es muy lenta y se recomienda dejar secar por lo menos de 6 a 8 semanas antes de usar. Estas sales han sido patentadas por el Dr. Karl H. Wolmann en Alemania (1913) y según Richardson (1978) los componentes activos de estas sales son los siguientes:

- Cobre en forma de óxido cúprico 10.8%
- Cromo en forma de óxido crómico 26.4%
- Boro en forma de ácido bórico 25.5%

Compuestos de Boro:

Los compuestos de boro no tiñen a la madera, son tóxicos para los insectos y hongos; estos productos fueron utilizados inicialmente como retardadores de la acción del fuego, pero luego se pudo evidenciar que tenían acción efectiva contra los degradadores de madera.

A partir de entonces se intensificaron las investigaciones para reconocer a estos productos como preservantes. Así, la madera tratada con componentes de boro se utiliza en lugares secos y en interiores para evitar que el producto químico no se lixivie por la humedad.

Los compuestos de boro, por ser algo corrosivos, deben mezclarse con equivalentes de óxido bórico o bórax para contrarrestar su efecto negativo.

Otros Compuestos Hidrosolubles

Existe en el mercado internacional una cantidad de compuestos hidrosolubles para proteger la madera, aunque en muchas situaciones su uso es restringido y se los compara con las sales CCA.

Se tiene por ejemplo sales que combinan la acción del cobre y cromo con la de flúor o el fósforo y sales cromo - zinc - cloro y flúor - cromo - arsénico - fenol.

4.3.4. Preservantes en el mercado nacional

En nuestro país, debido a la incipiente industria de la preservación de la madera, no existen fábricas que elaboren preservantes de madera a escala industrial. Las principales empresas dedicadas a su comercialización son: PREMASA S.A. INVETISA e INQUIFESA, que ofertan generalmente preservantes nacionales e importados, tales como las CCA tipo C, CCB y las sales a base de Boro.

Con respecto a los preservantes pentaclorofenol, naftenatos y otros productos orgánicos, existen en pequeñas cantidades en el mercado local y se usan generalmente para tratamientos con brocha, aspersión e inmersión, ya que no existen en nuestro país instalaciones industriales para tratamientos con productos óleo solubles, que requieren sistemas de calefacción.

Tabla de preservantes a usar según clasificación de riesgo de la madera en servicio

Elemento	Riesgo	Preservante
Madera de uso estructural en construcciones: - Comerciales y residenciales. - Fundación en contacto con tierra o concreto - Vigas, pisos - Soleras en contacto con concreto - Pie derecho zona húmeda - Pie derecho zona seca - Cerchas - Vigas entresijos - Entablado de piso sobre envigado - Fundación de terraza	R5 R2 R2 R2 R1 R1 R1 R2 R5 R3	CCA CCA/BORO/CBA-A CCA/BORO/CBA-A CCA/BORO/CBA-A CCA/BORO/CBA-/CPF CCA/BORO/CBA-/CPF CCA/BORO/CBA-/CPF CCA/BORO/CBA-A CCA CCA/CBA-A
2. Maderas no estructurales de uso exterior en Construcción: - Tapacantos - Revestimientos interiores - Moldura y carpintería exteriores	R3 R3 R3	CCA/CBA-A CCA/CBA-A CCA/CBA-A
3. Aplicación agrícola: - Esquineros - Cabezales - Polines - Cercos - Uso agrícola sin contacto con el suelo - Pilares para invernadero	R5 R4 R4 R4 R3 R4	CCA/CBA-A CCA/CBA-A CCA/CBA-A CCA/CBA-A CCA/CBA-A CCA/CBA-A
4. Otros componentes estructurales críticos: - Postes de distribución - Pilotes de agua dulce - Pilotes de agua marina	R5 R5 R6	CCA CCA CCA
5. Juegos Infantiles, Muebles de exterior: - Aéreos - Empotrados en terreno	R3 R4	CCA-CBAA CCA-CBAA
NOTA; Cualquier aplicación de madera que requiera protección para aumentar su durabilidad natural en servicio y no esté especificada en esta Tabla, deberá ser preservada de acuerdo a la última versión de la norma AWPA correspondiente		

Tabla de principales métodos de preservación de la madera de acuerdo al tipo de producto

Forma de utilización de la madera	Método de tratamiento	Enemigos	Condiciones que debe reunir el producto preservante	Producto preservante recomendado
Pilotes, postes para cercas, en contacto con el suelo, etc.	Impregnación en vacío y presión	Termes, barrenillos y hongos	Insoluble, eficacia universal	Creosota, pentaclorofenol, cobre-cromo-arsénico, zinc-cromo-arsénico, flúor-cromo-arsénico, etc.
Exteriores, pero no en contacto con el suelo	Impregnación por vacío y presión o baño caliente y frío.	Termes, barrenillos y hongos	Insoluble, eficacia universal	Creosota, pentaclorofenol, cobre-cromo-arsénico, etc. naftenato de cobre y otros productos comerciales idóneos
Interiores	Impregnación por vacío y presión, baño caliente y frío, difusión	Termes, barrenillos y hongos	Eficacia suficiente para combatir todo tipo de degradación	Suspensiones acuosas de disolventes orgánicos idóneos

5. MÉTODOS DE PRESERVACIÓN

5.1. Generalidades

La preservación consiste básicamente en incorporar a la madera las sustancias químicas adecuadas para controlar (envenenar) el alimento de los agentes biológicos y/o degradantes, prolongando de esta manera su duración.

El método o proceso de aplicación del preservante tiene mucha importancia en el resultado del tratamiento. Para el éxito de la preservación, es necesario que la madera contenga una cantidad adecuada de preservante para el uso en el que va prestar servicio. Sin embargo, es necesario resaltar que hasta la fecha no se ha logrado idear un método práctico para preservar que garantice una penetración profunda y uniforme en todas las especies y a un costo razonable.

Estos métodos se agrupan en dos categorías, profilácticos y de preservación. Los métodos profilácticos conservan la calidad de la madera por un tiempo relativamente corto, antes de ser procesadas, aserradas, y secadas.

5.2. Métodos

Entre los métodos de preservación que protegen la madera aserrada se tienen los siguientes:

5.2.1. Métodos sin presión

Por ser procedimientos muy simples, son diversas las formas de aplicación, siendo los más comunes los métodos por brocha, aspersion, inmersión y baño caliente y frío.

a). Por brocha, rodillos y aspersion

Estos métodos consisten en extender el preservante en la superficie de la madera, el cual debe estar a un contenido de humedad de 20% y sin recubrimientos de cera, lacas, pinturas u otro producto que actúen como barreras e impidan la penetración del preservante. Lo adecuado es cubrir íntegramente la superficie de la madera, y se consigue aplicando consecutivamente el preservante, si se trata con brocha, o con el uso de abundante preservante si se trata de aspersion.

b). Inmersión

Este método consiste en sumergir la madera aserrada en una solución preservadora, empleando recipientes apropiados. Las piezas de madera a tratar se mantienen sumergidas con dispositivos que impiden su flotamiento. Según el tiempo que dure el tratamiento, se tienen los siguientes tipos:

Inmersión breve:

Es cuando la duración del periodo de inmersión de la madera se reduce a segundos o minutos. En este caso la madera no puede protegerse bien de los organismos de deterioro de la madera, pero se logran mejores resultados que con brocha o aspersion. Se emplean solamente para preservar piezas acabadas de poco grosor, que se colocan en ambientes secos y no puedan ser impregnadas mediante otros procedimientos más completos.

Inmersión prolongada:

Es cuando la duración del periodo de inmersión de la madera dura horas o días. Durante la primera fase del tratamiento, la madera absorbe una mayor cantidad de producto preservador, el cual rellena los vasos o poros superficiales abiertos. Este procedimiento proporciona buenas retenciones con penetraciones poco profundas y es útil para el tratamiento de piezas para marcos de puertas, ventanas, etc.



c). Baño caliente y frío.

Para la aplicación de este método, la madera aserrada debe estar con un contenido de humedad no mayor a 30%, se utilizan preservantes oleosos u óleo solubles durante un tiempo determinado, que

dependerá de la especie, del tipo de solución y dimensiones de la madera. La temperatura de tratamiento caliente debe estar entre 70 a 90 °C, sin poner en peligro la marcha de la operación o la eficacia del preservante utilizado.

Al calentarse la madera, el aire contenido en el interior se expande y sale de ella, luego durante el enfriamiento se produce el vacío parcial que favorece la penetración e incrementa la absorción del preservante.

Puede lograrse una penetración más profunda, pero el grado de absorción varía mucho. La inversión de capital es mayor, porque se precisan, por lo menos, un tanque y una fuente de calor. Esta impregnación se realiza calentando la madera sumergida en el producto químico y dejándola que se enfríe por sí sola, o bien colocándola en otro tanque con solución fría.

5.2.2. Métodos con presión

Estos tipos de procesos permiten regular las condiciones del tratamiento y es posible variar la penetración y retención del producto para satisfacer las exigencias de uso de la madera.

Son instalaciones costosas, el equipo de impregnación requiere de una gran producción que justifique la inversión realizada, pero a la vez son métodos que proporcionan una buena protección a la madera.

Dentro de las variantes existentes en los métodos con presión, se tienen principalmente los siguientes:

a) Método Bethell o célula llena

Este proceso es el más conocido y empleado en la industria de la impregnación, permite inyectar a la madera la mayor cantidad de solución preservante en la zona tratada. La madera debe presentar ciertas características, como un contenido de humedad de 25- 28% y libre de corteza.

Se inicia el proceso cuando la madera es introducida a la autoclave con un vacío de 0.60 kg./cm² para la eliminación del aire contenido en la madera y en el cilindro, por un tiempo de 15 a 20 minutos, de acuerdo a la especie. Seguidamente, se inyecta la solución hasta llenar completamente el cilindro.

Luego se aplica presión (de 8 a 14 kg./cm²), cuya duración depende de la especie a tratar. Se va midiendo la cantidad de preservante que penetra, manteniendo una presión constante hasta la retención deseada. Terminada la impregnación, se devuelve la solución al tanque de almacenamiento. Finalmente la aplicación de un período de vacío para la recuperación del exceso de preservante.



b) Método Rueping

Generalmente este proceso es empleado para soluciones óleo solubles, tiene como característica principal la aplicación de una presión preliminar de aire a la madera antes de inyectar el preservante caliente, esta presión inicial suele ser de 4-5 kg./cm², llenando el autoclave con el producto químico, de manera que el aire inyectado quede aprisionado en la madera.

La penetración del producto es mediante la aplicación de una presión mayor, hasta obtener la absorción deseada, comprimiendo aún más el aire que había quedado en la madera. Finalmente se disminuye la presión; se vacía la autoclave y se somete la carga a un vacío final.

c) Método Lowry.

Es un proceso similar al de Bethell, con la diferencia que, una vez introducida la carga en la autoclave, éste se llena con el preservante (sin efectuar el período de vacío inicial) y se eleva la presión hasta alcanzar la adecuada para el tratamiento, que se mantiene constante durante el tiempo necesario. Se restablece la presión atmosférica en el interior del autoclave y se devuelve el preservante al tanque de almacenamiento o trabajo.

El vacío final, puede practicarse en la forma indicada para el proceso Bethell y con el mismo objetivo.

Debido a que no se realiza el vacío inicial, se consigue en las mismas condiciones, una menor penetración y menor retención que con el procedimiento por vacío-presión (célula llena).

5.3. Eficacia de los métodos de tratamiento

El método o procedimiento aplicado para inyectar el preservante a la madera tiene gran influencia en el resultado del tratamiento, la preservación más eficaz es aquella en que la madera contiene la cantidad adecuada y necesaria de preservante para el uso en que se va a emplear. Los métodos de preservación arriba descritos, protegen a la madera a largo plazo, variando desde los más simples (sin presión), hasta los más complejos (con presión).

Las condiciones de uso de la madera determinan la cantidad de preservante a impregnar, es por eso que diversas normas técnicas nacionales e internacionales, indican que las maderas más expuestas a su degradación son aquellas que prestan servicio a la intemperie, en contacto con el suelo, con el agua o colocadas en ambientes saturados de humedad y a temperaturas elevadas. En estos casos, la madera debe ser muy bien preservada, con cantidades suficientes de preservante y con una penetración profunda, lo cual se obtiene solo con el uso de métodos a vacío y presión. De otro lado, cuando las condiciones de uso no presentan riesgos significativos, es práctico y económico el uso de los métodos sin presión.

6. PREPARACIÓN DE LA MADERA

En la preservación de la madera aserrada se debe distinguir exactamente entre los métodos de tratamiento que requieren, que el material este en estado húmedo o en estado seco, ya que el contenido de humedad está directamente relacionado a la penetración y retención de los preservantes.

6.1. Calidad de la madera

Se debe verificar en la madera aserrada el cumplimiento de los requisitos de calidad bajo los cuales se adquiere de los proveedores, tales como especie, dimensiones, defectos de forma y de estructura, ataque de hongos e insectos.

6.2. Manufactura o Acabado

Se debe verificar el cumplimiento de los requisitos establecidos en el diseño o en la norma técnica de las piezas a tratar, tales como dimensiones, número y diámetro de perforaciones, incisiones, cortes y marcas.

6.3. Contenido de humedad

Método de inmersión:

Debido a que este método requiere como condición previa que la madera esté húmeda, ya que el mecanismo de penetración depende principalmente del fenómeno de difusión de las sales a través de las membranas celulares, se debe verificar la correcta medición del contenido de humedad de acuerdo al porcentaje mínimo establecido en la norma o especificación técnica respectiva.

Método del baño caliente y frío:

Dado que para el tipo de preservante utilizado para el baño caliente y frío se requiere de un secado previo de la madera, menos del 30% de humedad, se hace necesario verificar la correcta reducción del contenido de humedad hasta alcanzar el porcentaje arriba indicado.

Método por vacío y presión:

En vista que este método de preservación requiere de un secado previo de la madera, con una humedad menor del 30%, se necesita verificar la correcta reducción del contenido de humedad, hasta alcanzar el porcentaje establecido en la norma o especificación técnica respectiva.

7. PRESERVACIÓN POR INMERSIÓN

7.1. Preparación del preservante

Las sales hidrosolubles a utilizar se disuelven en agua, a una concentración que fluctúa de 2% a 5% en peso, dependiendo del tipo de madera y del uso que se le dará al producto. Deben tomarse los cuidados respectivos para mantener homogénea la concentración del preservante, agitando periódicamente la solución, a fin de evitar la sedimentación de las sales en el fondo del recipiente.

7.2. Procedimiento de preservación

El procedimiento a seguir para realizar la preservación de madera aserrada por inmersión es el siguiente:

- Las tablas de madera aserrada de un paquete deben ser separadas entre sí, por medio de separadores, con el fin de facilitar la penetración en toda su superficie
- Las cargas de madera aserrada se deben sumergir en una solución preservante a base de sales hidrosolubles, con una concentración acorde a los requerimientos de penetración y retención requeridos, empleando recipientes metálicos, de madera o de cemento, que sean de tamaño adecuado para poder introducir cómodamente las piezas de mayor longitud.
- Las piezas de madera a tratar deben mantenerse sumergidas mediante dispositivos que impiden su flotación para que la solución ingrese por toda la superficie de la madera.
- El tiempo de duración del tratamiento de inmersión puede ser breve o prolongada; en el primer caso la duración puede ser de segundos o minutos, mientras que en el segundo se pueden emplear horas o días.
- Después de la impregnación, se deben escurrir las piezas de madera tratadas para poder recuperar la mayor cantidad posible de solución preservante, y deben secarse antes de ser puesta en obra, para dar lugar a la fijación de las sales hidrosolubles en la madera.
- El tratamiento por inmersión se recomienda para piezas acabadas de poco espesor y que han de ser colocadas en sitios de poco riesgo, ya que la retención que se obtiene es baja.

8. PRESERVACIÓN CON PRODUCTOS ÓLEO SOLUBLES

8.1. Preparación del preservante

El Pentaclorofenol se disuelve en cualquier solvente orgánico derivado del petróleo, a una concentración que fluctúa de 3% a 5% en peso. Esta concentración será determinada previamente siguiendo las indicaciones establecidas en la NTP 251.030.

8.2. Absorción y penetración del preservador

Para una correcta impregnación, la solución de pentaclorofenol será absorbida en una cantidad mínima y con una penetración acorde a los requerimientos de uso de la madera en servicio.

8.3. Procedimiento de preservación por baño caliente y frío

El procedimiento a seguir para realizar la preservación de madera aserrada por el método del baño caliente y frío es el siguiente:

- Las tablas de madera aserrada de un paquete son separadas entre sí por medio de separadores con el fin de facilitar la penetración del preservante en toda su superficie
- La madera aserrada se coloca en un tanque de tratamiento sumergido en la solución preservadora, con una profundidad mínima de 15 cm entre la superficie de la solución preservadora y la madera.
- La temperatura de la solución preservadora en el baño caliente puede variar entre 70°C y 90°C. Alcanzada esta temperatura, la madera se mantendrá sumergida durante el tiempo requerido según sus características.
- Luego se procede a realizar el baño frío, con la solución preservadora a temperatura ambiente, la madera aserrada permanecerá en esta condición por un período de tiempo equivalente al doble del empleado en el baño caliente y/o hasta que termine el ciclo de tratamiento.
- El tiempo de duración del proceso dependerá de la especie, tipo de solución y de las dimensiones de la madera a tratar. Se puede considerar que por cada centímetro de espesor de la madera a tratar se requerirá una hora de tratamiento y el tiempo máximo puede ser de 24 horas.
- Después de la impregnación, se escurren las piezas de madera tratadas para poder recuperar la mayor cantidad posible del preservante y se secan antes de ser puestas en obra para dar lugar a la fijación del preservante en la madera.

9. PRESERVACIÓN POR VACÍO Y PRESIÓN

9.1. Preparación del preservante

Las sales hidrosolubles a utilizar se disuelven en agua, a una concentración que fluctúa de 2% a 5% en peso, dependiendo del tipo de madera y del uso que se le dará al producto.

Se prepara la cantidad suficiente de solución para asegurar que en el tanque de trabajo haya bastante como para llenar la autoclave en su totalidad y para inyectar a la madera durante el proceso.

Se tratará de mantener constante la concentración de la solución mediante una agitación o recirculación, a fin de evitar la formación de niveles concentrados en el fondo del tanque y soluciones débiles en su parte superior.

9.2. Procedimiento por el método Bethell

Denominado como método Bethell o de “célula llena”.

9.2.1. Cargado en la autoclave

Las tablas de madera aserrada se colocan sobre vagonetas que están montadas sobre rieles que ingresan a la autoclave, y son separadas entre sí, por medio de separadores para facilitar la penetración en toda su superficie.

Debido a que las piezas de madera tenderán a flotar al inundarse el cilindro, se aseguran con cadenas a las vagonetas y estas deberán estar dotadas de elementos antiflotación que les impidan separarse de los rieles.

9.2.2. Vacío inicial

Una vez cargada la madera en la autoclave, se abre la válvula de vacío y se pone en funcionamiento la bomba para realizar un vacío inicial de aproximadamente 700 mm de mercurio (una atmósfera), por un período de 15 a 60 minutos, dependiendo del tipo de madera, dimensiones, contenido de humedad, etc.

9.2.3. Llenado de la autoclave

Sin detener la bomba de vacío, se abre la válvula principal de inundación para que la madera se inunda con el preservante tan rápido como sea posible, manteniendo en acción la bomba de vacío hasta que el autoclave quede completamente lleno y se produzca una compensación de la presión al quitar el vacío.

9.2.4. Período de presión

Con la bomba de presión se comprime la solución en la autoclave utilizando presiones de 8 a 14 kg/cm², y se va midiendo la cantidad de preservante que va penetrando en la madera por observación de los niveles del tanque medidor.

La presión se mantiene constante hasta obtener la saturación de las células o hasta que se produzca el rechazo virtual de las maderas, lo cual se notará en el tanque de medida al no bajar su nivel de preservante en 30 minutos.

El tiempo del periodo de presión puede variar de 30 minutos a 1 hora y 30 minutos, dependiendo de las características de la madera, absorción requerida, entre otros.

Terminado el proceso de impregnación, se devuelve el preservante al tanque de trabajo o almacenamiento por el accionar de una bomba de transferencia o por descenso propio.

9.2.5. Vacío final

Antes de abrir y retirar las vagonetas que contiene la madera en la autoclave, puede hacerse un vacío final de 300 mm de mercurio aproximadamente y de corta duración, el cual tiene por objeto lograr que escurra de la madera tratada el exceso de preservante antes de abrir la puerta de la autoclave.

9.2.6. Periodo de acondicionamiento final

La madera aserrada recién preservada se almacena temporalmente en un ambiente bajo techo y sobre el suelo, para que se concluya la fijación de las sales en la madera tratada y disminuya la humedad ganada en el proceso.

10. MÉTODOS DE CONTROL DEL TRATAMIENTO

10.1. Toma de muestras

10.1.1. Madera preservada

La obtención de muestras de madera preservada para la determinación de la penetración y retención de los métodos de inmersión, baño caliente y frío, así como para vacío y presión, se efectúa en base a lo señalado en los puntos 3 y 4 de la NTP 251.025. Preservación de Madera. Extracción de muestras de madera preservada.

10.1.2. Preservante

La muestra para el análisis del preservante para los métodos de inmersión y vacío- presión se extraen por cada carga a impregnar; para la primera carga de tratamientos consecutivos o para la última de cada cinco cargas, en el caso de tratamientos consecutivos del mismo tanque de trabajo.

En el caso del análisis del preservante pentaclorofenol para el método del baño caliente y frío se debe extraer: de acuerdo a lo indicado en la NTP 251.029. Preservación de madera. Pentaclorofenol técnico.- extracción de muestras; y por cada carga de impregnación; para la primera carga de tratamientos consecutivos o para la última de cada cinco cargas, en el caso de tratamientos consecutivos del mismo tanque de trabajo.

10.2. Método de ensayo

10.2.1. Características del preservante

Se verifican las características técnicas del preservante a utilizar para los métodos de inmersión y vacío-presión, es decir su densidad, concentración y composición química. Los resultados de la composición química estarán acordes a los rangos de aceptación indicados en el punto 4.1.2 de la NTP 251.035. Preservación de madera. Composición química de los preservadores de madera

En el caso del método del baño caliente y frío, se verifican las características técnicas del preservante pentaclorofenol, en base a lo señalado en la NTP 251.030. Preservación de madera. Método de ensayo para la determinación del pentaclorofenol en base al contenido de cloro. Método de ignición. Los resultados de la composición química deben estar acordes a los rangos de aceptación indicados en el punto 4.1.2 de la NTP 251.035. Preservación de madera. Composición química de los preservadores de madera

10.2.2. Método de preservación

Se debe llevar un registro completo de las fases del tratamiento de impregnación, consignando en cuadros y formatos la siguiente información: Número y fecha de la operación; volumen de madera y especie forestal procesada; volumen o cantidad de producto consumido por la madera y retención del preservante y condiciones del tratamiento de preservación (tiempo de tratamiento, concentración de la solución, etc).

10.3. Análisis de la madera tratada

10.3.1. Determinación de la penetración

Mediante el uso de un barreno forestal se obtienen tarugos de madera que conforman la muestra para el análisis del tipo y profundidad de la penetración del preservante.

La muestra se extrae en el plano longitudinal y en dirección radial, sobre un número de elementos que sea representativo del lote de madera preservada.

Asimismo se efectúa en la parte media de cada pieza o a un metro de distancia de los extremos, para evitar la influencia de la penetración en sentido longitudinal.

La determinación de la penetración se efectúa utilizando los métodos colorimétricos indicados en el punto 4.4 de la NTP 251.026. Preservación de Madera. Penetración y retención de los preservadores en la madera.

10.3.2. Determinación de la retención

La determinación de la retención se puede efectuar mediante la aplicación de métodos químicos cuantitativos, por espectrofotometría de absorción atómica o espectrofotometría de rayos X. El método a utilizar estará en función a la disponibilidad del equipo en cada caso.

Cualquiera que sea el método empleado, el resultado de retención del preservante en la madera tratada estará de acuerdo a lo indicado en el apéndice 1 de la NTP 251.035. Preservación de madera. Composición química de los preservadores de madera.

10.4. Cálculos

10.4.1. Cantidad necesaria de preservante

Para calcular el volumen de preservador que debe ser absorbido por la carga de madera y lograr la retención mínima especificada según sus distintos usos, se emplea la siguiente fórmula:

$$V_p = \frac{R \times V_c}{C \times d}$$

Donde:

- Vp: Volumen del preservante que debe ser absorbido, en litros.
- R: Retención, en kilogramos de producto preservante seco (componente activo) por metro cúbico de madera.
- Vc: Volumen de la carga de madera, en metros cúbicos.
- C: Concentración del preservante, en kg de componente activo por kg de solución.
- D: Densidad del preservante utilizado en el tratamiento, en kilogramos por litro.

10.4.2. Control de consumo de preservante

Generalmente se mide el consumo de preservante o el volumen de preservante absorbido, por medio de un medidor numérico instalado en la tubería de alimentación y los controles automáticos indican este valor directamente en el tablero de control.

El control de consumo de preservante requerido para el tratamiento, en tanques medidores cilíndricos verticales, se puede calcular empleando la siguiente fórmula:

$$C_n = 0.0007854 \times D^2$$

Donde:

- Cn: Capacidad unitaria, en litros por cm de profundidad del tanque medidor.
- D: Diámetro del tanque medidor, en cm.

Seguidamente, al iniciar el proceso de impregnación, se fija el nivel del líquido sobre una escala graduada en centímetros, utilizando un cursor que debe estar unido a un flotador. La

longitud que debe recorrer este cursor para obtener el consumo deseado de preservante, se calcula con la siguiente fórmula:

$$L = \frac{V_p}{C_n}$$

Donde:

- L: Longitud que debe recorrer el cursor, en cm.
- V_p: Volumen de preservante que debe ser absorbido, en litros.
- C_n: Capacidad unitaria, en l/cm.

10.4.3. Absorción neta

Concluido el proceso de impregnación, se determina la absorción neta de la solución preservante por diferencia de peso entre las piezas de madera antes y después del tratamiento, aplicando la siguiente fórmula:

$$A_{np} = \frac{\sum A_n}{N}$$

Donde:

- A_{np}: Absorción neta promedio de la carga de Madera, en kg/pieza
- $\sum A_n$: Sumatoria de las absorciones netas de cada una de las piezas de madera que integran la carga, en kg.
- N: Número de piezas de la carga de madera.

10.4.4. Retención

Se puede calcular la retención del producto preservante seco con la siguiente expresión:

$$R = \frac{A_{np} \times N \times C}{V_c}$$

Donde:

- R: Retención del producto preservante seco (componente activo), en kg/m³.
- A_{np}: Absorción neta promedio de la carga de madera, en kg/pieza.
- N: Número de piezas de la carga de madera.
- V_c: Volumen de la carga de madera, en m³.
- C: Concentración del preservante, en kg de producto activo por kg de solución.

11. REDUCCIÓN DE LOS DEFECTOS DE PRESERVACIÓN

Defecto	Causas probables	Práctica recomendada
Madera recién preservada con ataque de hongos y/o insectos.	<ul style="list-style-type: none"> - Madera con alto contenido de humedad antes de la preservación. - Concentración del preservante muy bajo. - Preservante de mala calidad o mal balanceado - Tiempo muy corto de impregnación o tratamiento 	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar el contenido de humedad de la madera antes de la impregnación. - Calcular y preparar la solución preservadora con la concentración requerida de acuerdo a lo solicitado - Verificar la calidad del preservante antes de su utilización. - Utilizar los tiempos de impregnación adecuados.
Penetración inadecuada (no forma anillo).	<ul style="list-style-type: none"> - Madera no permeable. - Madera con alto contenido de humedad antes de la preservación. - Tiempo muy corto de impregnación o tratamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> - Efectuar incisiones en sus caras y cantos. - Verificar el contenido de humedad de la madera antes de la impregnación. - Aplicar los tiempos de impregnación adecuados.
Retención inadecuada (por debajo del mínimo requerido).	<ul style="list-style-type: none"> - Madera con alto contenido de humedad antes de la preservación - Concentración del preservante muy bajo - Preservante de mala calidad o mal balanceado - Tiempo muy corto de impregnación o tratamiento - Ciclo de impregnación inadecuado 	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar el contenido de humedad de la madera antes de la impregnación. - Calcular y preparar la solución preservadora con la concentración requerida de acuerdo a lo solicitado - Verificar la calidad del preservante antes de su utilización. - Utilizar los tiempos de impregnación adecuados. - Aplicar adecuadamente las etapas del ciclo de impregnación.
Retención adecuada pero balance deficiente del preservante.	<ul style="list-style-type: none"> - Preservante de mala calidad o mal balanceado. - Sedimentación de algunos componentes del preservante. 	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar la calidad del preservante antes de su utilización. - Agitar constantemente la solución preservadora

12. BUENA PRÁCTICA DE PRESERVACIÓN

Descripción	Práctica
Objetivo de la preservación.	Definir el uso al que está destinada la madera a ser preservada: <ul style="list-style-type: none"> - Definir si la madera es para obra o para servicio. - Uso interior o exterior.
Etiquetado del preservante	<ul style="list-style-type: none"> - La identificación de las sustancias activas y su concentración. - Usos al que será destinado. - Indicaciones de riesgos específicos por el ambiente, en particular para proteger los organismos no objetivos de eliminación y evitar la contaminación de las aguas. - La forma de preparación. - Las indicaciones de efectos secundarios, comprendidos los efectos indirectos susceptibles de producirse así como las instrucciones de primeros auxilios. - Las instrucciones de eliminación con toda seguridad del producto biocida. - El periodo necesario para su estacionamiento y puesta en obra así como la aparición del efecto biocida. - Embalaje diferenciado, para no ser confundidos con productos alimenticios. - Fecha de vencimiento.
Características de la madera.	<ul style="list-style-type: none"> - Identificación de la especie. - Interpretar las características anatómicas de la madera y determinar su nivel de permeabilidad y capacidad de impregnación. - Verificar que todas las operaciones de maquinado hayan sido efectuadas antes de la preservación.
Calidad de madera.	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar en la madera aserrada el cumplimiento de los requisitos de calidad bajo los cuales se adquiere de los proveedores, tales como dimensiones, defectos de forma y de estructura, ataque de hongos e insectos.
Lotes homogéneos de madera.	<ul style="list-style-type: none"> - No mezclar maderas de especies muy diferentes en cuanto a densidad y permeabilidad, así como maderas que requieran de distintas retenciones de preservante. - Verificar el cumplimiento de los requisitos establecidos en el diseño o en la norma técnica de las piezas a tratar, tales como dimensiones, número y diámetro de perforaciones, incisiones, cortes y marcas. - Determinar la correcta reducción del contenido de humedad hasta alcanzar el porcentaje establecido en la norma o especificación técnica respectiva de acuerdo al método de preservación a utilizar.
Apilado de la madera.	<ul style="list-style-type: none"> - Las tablas de madera aserrada a ingresar al equipo de preservación deben estar separadas entre sí, por medio de separadores, con el fin de facilitar la penetración del preservante en toda su superficie. - Debido a que las piezas de madera tenderán a flotar al inundarse el equipo de preservación, se deben asegurar entre sí con cadenas u otro elemento de sujeción y deben estar dotadas de elementos antiflotación.
Preservante de madera	<ul style="list-style-type: none"> - Se debe elegir un preservante que, de acuerdo al uso que se va destinar la madera preservada, incremente su vida útil en servicio. - Determinar la composición química del preservante y compararlo con los patrones establecidos en las normas técnicas elaboradas para dicho producto.

Ciclo de preservación.	<ul style="list-style-type: none"> - Determinar el tiempo y, de acuerdo al método de preservación a utilizar, las distintas fases a ejecutarse para la correcta impregnación de la madera aserrada.
Verificación de funcionamiento del equipo.	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar el correcto funcionamiento y buen estado del equipo. - Calcular y preparar la solución preservadora con la concentración requerida de acuerdo a lo solicitado - Homogenizar periódicamente la solución preservadora para evitar sedimentaciones de alguno de sus componentes.
Seguimiento del ciclo de preservación.	<ul style="list-style-type: none"> - Registro de los datos del proceso de preservación. - Control y vigilancia.
Evaluación química de la madera preservada	<ul style="list-style-type: none"> - Determinación de la penetración del preservante en la madera preservada. - Determinación de la retención del preservante en la madera preservada.
Almacenamiento de la madera preservada.	<ul style="list-style-type: none"> - Almacenamiento de la madera aserrada preservada bajo techo en pilas con separadores y separados del suelo. - Se debe realizar sobre un piso de cemento a fin de evitar la lixiviación al suelo de las exudaciones de preservante de la madera preservada durante este periodo.
Prevención de polución y riesgos	<ul style="list-style-type: none"> - Gestión de desechos tóxicos - Gestión de desechos de madera preservada - Gestión del agua del lavado de los equipos de preservación
Capacitación apropiada del operador.	<ul style="list-style-type: none"> - Conocimientos de los principios de base de la preservación. - Conocimiento del proceso de preservación. - Conocimiento de los distintos equipos de preservación. - Conocimiento y reacción ante los avisos y dispositivos de seguridad. - Previsión de imprevistos y accidentes. - Capacitación del personal para tomar acciones correctivas ante los incidentes que puedan ocurrir durante el ciclo de impregnación; corte de corriente, fugas de preservante, falla en los dispositivos de control, falla en los equipos.
Prevención de accidentes.	<ul style="list-style-type: none"> - Avisos de precaución y de peligro bien visibles. - Equipo de primeros auxilios. - Listado de llamado a unidades de paramédicos. - Listado de postas cercanas de atención de urgencia. - Uso de accesorios de seguridad para el manipuleo y transporte del preservante y de la madera preservada, tales como guantes, botas, lentes, mandiles, etc.
Prevención de siniestros.	<ul style="list-style-type: none"> - Localización estratégica de equipos de lucha contra los siniestros, especialmente contra el fuego. - Entrenamiento de personal en la lucha contra incendios. - Asignación de personal para el uso de cada equipo de prevención.
Bienestar del personal	<ul style="list-style-type: none"> - Horario de trabajo. - Jornales justos. - Servicios varios. - Vacaciones. - Chequeos periódicos para el descarte de contaminación. - Salud

13. CALIDAD DE MADERA PRESERVADA

La preservación de un lote de madera induce inevitablemente a:

- Heterogeneidad en la retención del preservante en una misma pieza y entre piezas preservadas en una misma carga.
- Variación en la penetración del preservante en una misma pieza y entre piezas preservadas en una misma carga.

El objetivo de una calificación de preservación es de fijar los valores mínimos de retención y penetración del preservante en la madera tratada, esto se realiza luego del proceso de preservación. Para dicho fin se deben tomar muestras de madera preservada que serán extraídas de cada carga de madera preservada, y en función a los resultados de los análisis de penetración y retención, dicha carga puede ser considerada como aceptada o rechazada.

Según el número de piezas de madera y el número de paquetes que conforman una carga de impregnación, se puede aplicar un muestreo estadístico que sea representativo de la población.

Es necesario que la norma respectiva refleje la estimación de la calidad de preservación de la madera y que debe tener en cuenta los requerimientos de penetración y retención mínimos considerados en las Especificaciones técnica o Normas técnicas existentes para cada producto.

14. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

Se han consultado los principales estudios realizados a escala nacional e internacional, referidos a los procesos de secado de la madera aserrada y a normas técnicas y de control. Entre ellos destacan los siguientes:

AROSTEGUI V., ANTONIO; RAUL GONZALEZ F. 1978. Estudio Integral de la Madera para Construcción. Boletín N° 12. Enero. Lima. 4p

CAMPOS MARTINEZ, JORGE. 1995. Preservación de Madera. El Maderero. Boletín Informativo N° 16. Agosto.

DIAZ B.; MONELOS L.; PERI P.L.; KEIL G.;OTAÑO M.; CARRANZA M.; BAETTI C. 1999. Manual de procedimientos para la preservación e instalación, en parcelas permanentes de degradación ("cementorios"), de madera de especies nativas y cultivadas en la provincia de Santa Cruz, Argentina". Publicación Técnica Forestal N° 20, Convenio UNPA-INTA-CAP.

ENCINAS B., OSVALDO. 2002. Preservación de madera por el método de inmersión-difusión con sales de boro. Cátedra de Conservación de Maderas. Escuela de Ingeniería Forestal, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de los Andes. Venezuela.

GONZALES F., VICTOR. 1968. Preservación de la Madera. Notas de clase. Febrero. Lima-Perú. 28p.

GONZALES F., VICTOR. 1974. Preservación de la Madera. Contrato-Convenio UNA-MEM. Diciembre. Lima-Perú.13p.

GONZALEZ FLORES, VICTOR R. 1968. La Cerosota en la Preservación de la Madera. Instituto de Investigaciones Forestales. Mayo. Lima. 8p

JUNAC. 1989. Manual del Grupo Andino para la Preservación de Maderas. Lima-Perú.

Manual de Preservacao de Madeiras.1986. Instituto de Pesquisas Tecnológicas de Estado de San Paulo. Brasil

ROSA BEATRIZ VACA DE FUENTES. 1998. Técnicas para la preservación de la madera-BOLFOR. Universidad Autónoma Juan Misael Caracho. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible BOLFOR. Bolivia. 58 p.

RICHARDSON, B., 1978. Wood Preservation

R.A EATON; M.D.C HALE. 1993. WOOD.Decay, pests and protection. Cambridge

Tuset R.; Duran F. 1979: "Manual de Maderas Comerciales, Equipos y Procesos de Utilización", Uruguay, 687 pag.

WILKINSON, J., 1979. Industrial Timber Preservation.

Paginas Web

http://europa.eu.int/comm/enterprise/chemicals/docs/arsenic/indust/es_confemadera_es.pdf

http://html.rincondelvago.com/madera_2.html

http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/c3848S/c3848s09.htm

http://europa.eu.int/comm/enterprise/chemicals/docs/arsenic/indust/es_confemadera_es.pdf

www.abntnet.com.br

http://www.cosmos.com.mx/famiprod.cgi?c_idioma=S&c_qp=pgs4rjj&A=preservantes

http://www.cnf.org.pe/Directorio/mate_preservantes.htm

<http://www.inti.gov.ar/citema/servicios.htm>

<http://www.osmose.com/wood/worldwide/america/espanol/preservadores/que/>

<http://www.iram.com.ar/Normalizacion/departamentos/oe.asp>

<http://www.viarural.com.ar/viarural.com.ar/agricultura/forestacion/insumos/preservadores.htm>

<http://www.oas.org/usde/publications/Unit/oea19s/ch013.htm>

http://html.rincondelvago.com/madera_2.html ; Normas Técnicas revisadas:

http://www.miliarium.com/Paginas/Normas/Materiales/Madera_bis.asp ; Normas UNE

<http://www.icontec.org.co/> ; Colombia: Instituto colombiano de Normas técnicas

<http://www.abnt.org.br/> ; Brasil: Associação Brasileira de Normas técnicas

<http://www.aenor.es/desarrollo/aenor/mundo/mundo.asp> ; España

http://www.indecopi.gob.pe/eventos/normas_obligatoriasCRT.asp ; Indecopi

<http://www.copant.org/> ; Comisión Panamericana de Normas Técnicas

Normas Internacionales:

CHILE

NCh630.Of1998 Madera - Preservación - Terminología

NCh755.Of1996 Madera - Preservación - Medición de la penetración de preservantes en la madera

NCh763/1.Of1996 Maderas - Preservación - Parte 1: Análisis de madera preservada y soluciones preservantes mediante espectroscopía de fluorescencia de rayos X

NCh763/2.Of1996 Madera - Preservación - Parte 2: Método estándar de madera tratada y soluciones de tratamiento mediante espectrofotometría de absorción atómica

NCh786.Of1995 Madera - Preservación - Clasificación de los preservantes

NCh790.Of1995 Madera - Preservación - Composición y requisitos de los preservantes para madera

NCh1439.Of1995 Madera - Preservación - Preservantes hidrosolubles - Análisis químico clásico

BRASIL

NBR 6232/73 - Poste de madeira - Penetração e retenção de preservativo.

NBR 12803/93 - Dormente de madeira preservada.

ESPAÑA

Durabilidad de la madera y de los materiales derivados de la madera. Criterios de prestación de los productos curativos protectores de la madera determinados mediante ensayos biológicos.

ARGENTINA

IRAM 9505 Preservadores de madera. Aplicaciones y retenciones aconsejables

IRAM 9511 Preservación de maderas. Vocabulario.

IRAM 9515 Preservación de maderas. Preservadores solubles en agua. Requisitos y métodos de análisis.

IRAM 9518 Toxicidad, permanencia y eficacia de preservadores de madera. Método de Laboratorio.

IRAM 9526 Preservación de maderas. Determinación de cromo, cobre, arsénico y boro, en soluciones preservantes o en maderas preservadas. Método por espectrometría de absorción.

IRAM 9580 Maderas. Método de determinación de preservadores oleosos y humedad en madera impregnada.

IRAM 9594 Maderas tratadas y soluciones preservantes. Métodos para la determinación de pentaclorofenol.

Además para contribuir con el acopio de información, se visitaron las siguientes instituciones:

El Consejo Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación Tecnológica - CONCYTEC;
<http://www.concytec.gob.pe/>

Instituto Nacional de Recursos Naturales – INRENA;
<http://www.inrena.gob.pe/>

El Centro de Innovación Tecnológica de la Madera-CITEmadera - CITE-MADERA;
<http://www.pivesweb.com.pe/citemadera/>

Centro de Documentación e Información Forestal - CEDINFOR-UNALM;
<http://redinfor.lamolina.edu.pe/>

El Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual – INDECOPI;
<http://www.indecopi.gob.pe/>
