



Foto: Alexander Berrocal Jiménez, autoclave para preservación de madera de la empresa Mayorca del Istmo S.A.

GUÍA PARA LA PRESERVACIÓN DE MADERA ASERRADA O POSTES MEDIANTE EL MÉTODO VACÍO-PRESIÓN UTILIZANDO SALES DE COBRE

TEC | Tecnológico
de Costa Rica

ISBN Obra independiente:
978-9930-541-89-0

Instituto Tecnológico de Costa Rica
Escuela de Ingeniería Forestal

**GUÍA PARA LA
PRESERVACIÓN DE MADERA
ASERRADA O POSTES
MEDIANTE EL MÉTODO
VACÍO-PRESIÓN UTILIZANDO
SALES DE COBRE**

Autores:

Roger Moya, Johana Gaitán, Alexander Berrocal

15 de octubre de 2021

Resumen

La preservación de la madera, con sales de cobre, es un método utilizado para prevenir el ataque de hongos e insectos; sin embargo es un tratamiento que cambia ligeramente su color. El método es aplicado principalmente en madera seca, de preferencia con un contenido de humedad menor al 30%, de tal manera que no haya agua libre dentro de la madera. El presente trabajo presenta una descripción de las condiciones que debe presentar la madera antes de ser preservada, los equipos utilizados, la forma de preparación de la solución. Así como también la evaluación de la penetración y retención del preservante, una vez que la madera ha sido preservada, como forma de control de calidad del proceso y las condiciones de uso de la madera que ha sido preservada con sales de cobre y utilizando el método vacío-presión. Finalmente, se presentan los valores de retención y penetración de diferentes especies maderables de Costa Rica, utilizando este método de preservación.

Palabras claves: tratamiento de madera, inmunización, madera modificada

Contenidos

Condición inicial.....	5
Condiciones de servicio de la madera preservada	6
Limitaciones en su aplicación	8
Equipo requerido	9
Preparación del preservante	9
Control de calidad	14
Agradecimiento	17
Referencias	17

Índice de figuras

Figura 1. Flujo de vacío - presión de una planta de preservación.....	5
Figura 2. Impregnación total de albura en <i>Pochota fendleri</i> (a) y <i>Cupressus lusitanica</i> (b), mostrando penetración total del albura y duramen no preservado, respectivamente.	8
Figura 3. Tipos de penetración del preservante total regular (a), total irregular (b), parcial regular (c), parcial irregular (d), parcial vascular (e) y nula (f).	8
Figura 4. Planta de preservación cilindro de tratamiento o autoclave (a), tanque de mezcla (b), tanque de almacenamiento (c), bomba de vacío - presión (d) y tanque de presión (e).	9
Figura 5. Prueba colorimétrica en madera preservada en 16 especies de plantaciones de Costa Rica.	15

Este método es utilizado para preservar madera aserrada, sin embargo, puede ser aplicado para la preservación de postes. En este método se emplea una solución preservante, a base de cobre y agua, el cual tiene como objetivo introducir la solución preservante dentro de la madera utilizando un ciclo de vacío-presión (Figura 1). La madera debe colocarse en el tanque de acero hermético (tipo autoclave), al cual se le aplica un vacío inicial por 15-30 minutos (T1 en Figura 1), en este momento se introduce el preservante hasta que se llene el tanque por completo. Seguidamente se debe aplicar una presión de 10,55 kg/cm² por un periodo de 2 a 4 horas (T2 en Figura 1) y luego se retira la solución preservante y se vuelve a aplicar un vacío final por 10-15 minutos (T3 en Figura 1).

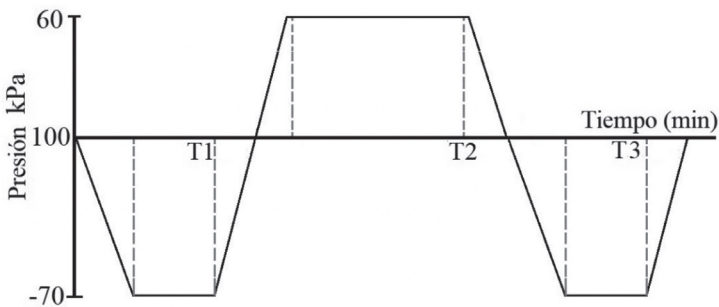


Figura 1. Flujo de vacío - presión de una planta de preservación.

En este método, generalmente se evalúa la efectividad del tratamiento por medio de dos aspectos, la penetración del preservante y la retención. En el caso de la penetración se define como la profundidad (en milímetros) que alcanzar el preservante en la madera aserrada o el poste de madera. En tanto que la retención se define como la cantidad de sustancia activa, medida en peso (kg) retenida en el volumen de madera tratada (m³).

CONDICIÓN INICIAL

La madera aserrada o los postes deben estar libres de corteza y a un contenido de humedad menor al 30%. Esta condición se logra mediante dos diferentes formas de secado: artificialmente con la ayuda de un horno de secado y/o apilar la madera al medio ambiente protegida del sol y agua, esta forma de secado se le llama secado natural al aire.

CONDICIONES DE SERVICIO DE LA MADERA PRESERVADA

La madera y los postes preservados con este método, pueden ser utilizados en exteriores, y desde luego en interiores, debido a que el preservante se fija en la madera y no se lava con el agua, pudiendo alcanzar una durabilidad superior a 20 años, dependiendo de su uso. La durabilidad está determinada por la retención y su clase de uso o servicio (Tabla 1). La norma INTE C397:2019, existente en Costa Rica para regular las condiciones de servicio, considera los valores de la penetración y retención del preservante en la madera y establece diferentes categorías de riesgo (INTECO, 2020). En la siguiente tabla se describe, las condiciones de servicio o uso, ambiente de uso, agentes comunes del deterioro de la madera y las aplicaciones más comunes según la categoría de riesgo para Costa Rica.

Tabla 1. Condiciones de servicio para categorías de riesgo en Costa Rica según la Norma INTE C397:2019

Categorías de riesgo	Condiciones de Servicio	Ambiente de uso	Agentes comunes de deterioro	Aplicaciones comunes
CR1 INTERIOR/ SECO	Construcción interna sobre el suelo, seco	Protegida continuamente del ambiente u otra fuente de humedad	Únicamente insectos	Construcción interna y mueblería
CR2 INTERIOR/ HÚMEDO	Construcción interna sobre el suelo, ocasionalmente húmedo	Protegida del ambiente, pero puede estar sujeta a humedad ocasionalmente	Hongos de descomposición e insectos	Construcción interna
CR3 SIN CONTACTO CON EL SUELO	Construcción externa sin cubierta Con o sin recubrimiento	Expuesta a todos los ciclos climáticos, incluido el humedecimiento frecuente	Hongos de descomposición e insectos	Carpintería revestida o sin recubrir, terrazas (decks), barandas, vigas, viguetas y columnas para terrazas y muelles de agua dulce y tablas para cercas.

Categorías de riesgo	Condiciones de Servicio	Ambiente de uso	Agentes comunes de deterioro	Aplicaciones comunes
CR4 EN CONTACTO CON EL SUELO	Contacto con el suelo o agua dulce	Expuesta a todos los ciclos climáticos, incluido el humedecimiento continuo o prolongado, elevado potencial de deterioro incluye salpique de agua salada	Hongos de descomposición e insectos con alto potencial por biodeterioro	Cercas de madera aserrada, postes de barandas cimientos permanentes de madera, postes aserrados para horticultura, postes para construcción, pilotes redondos o aserrados para fundación de muelles en agua dulce, traviesas y postes de servicios públicos y traviesas
CR5 USO MARINO	Agua salada o salobres y las zonas pantanosas adyacentes	Expuesta continuamente al agua salada (marina)	Organismos de agua salada Incluyendo <i>Martesia</i> , <i>Sphaeroma</i> , <i>Limnoria tripunctata</i>	Pilotes para muelle, tabla estacado, tensores de muelle

Fuente: INTECO, 2020

LIMITACIONES EN SU APLICACIÓN

Para múltiples especies se ha comprobado que este método es efectivo siempre que se trate de madera que contengan albura (Figura 2a), mientras que el duramen no permite la introducción de sustancias preservantes (Figura 2b).

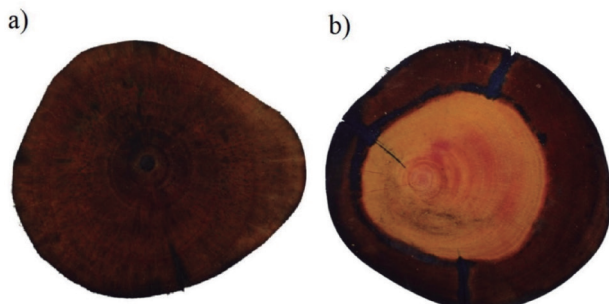


Figura 2. Impregnación total de albura en *Pochota fendleri* (a) y *Cupressus lusitanica* (b), mostrando penetración total del albura y duramen no preservado, respectivamente.

Fuente: Moya et al., 2019. Fotos cedidas por los autores para este manual.
Nota: el color azul indica la presencia de cobre en la madera.

Sin embargo, a pesar de que la albura permite la preservación, en ella pueden darse diferentes tipos de penetración: total regular (Figura 3a), total irregular (Figura 3b), parcial regular (Figura 3c), parcial irregular (Figura 3d), parcial vascular (Figura 3e) y nula (Figura 3f).

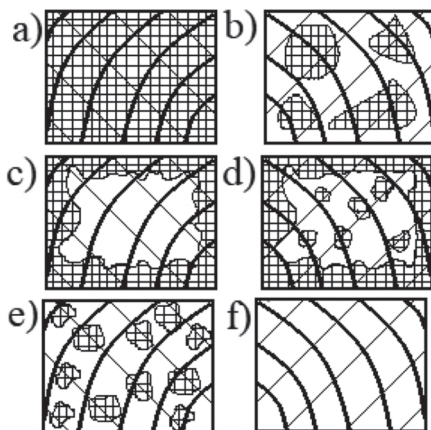


Figura 3. Tipos de penetración del preservante total regular (a), total irregular (b), parcial regular (c), parcial irregular (d), parcial vascular (e) y nula (f).

Fuente: Adaptado de Junta del Acuerdo de Cartagena, 1988.

EQUIPO REQUERIDO

Para preservar madera por este método, se utiliza una planta de tratamiento, que consta principalmente de las siguientes partes: cilindro de impregnación o autoclave, tanque de almacenamiento, tanque de mezcla, bomba de vacío, bomba de presión y bomba de trasiego.

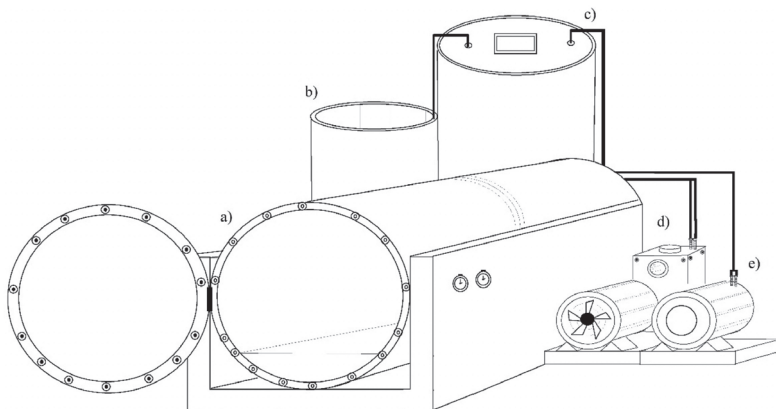


Figura 4. Planta de preservación cilindro de tratamiento o autoclave (a), tanque de mezcla (b), tanque de almacenamiento (c), bomba de vacío - presión (d) y tanque de presión (e).

Fuente: Adaptado de Junta del Acuerdo de Cartagena, 1988.

PREPARACIÓN DEL PRESERVANTE

Definir el tipo de preservante

Actualmente se utilizan los preservantes a base de cobre micronizado tales como MP200A de la casa Koppers y MICRO CA de la casa OSMOSE, ambos están compuestos por carbonato de cobre (57,6%) y tebuconazol (1,3%) como elementos activos, además de dispersantes (6-9%) y agua.

Preparación de la solución preservante

- A. Antes de proceder a la preparación del preservante es importante indicar que el Instituto de Normas de Costa Rica (INTECO) establece la retención mínima establecida para diferentes categorías de riesgo de los preservantes a base de cobre micronizado (N°4) y su comparación con otros tipos de preservantes para Costa Rica, según la norma INTE C345:2019. La Tabla 2 detalla estas retenciones

Tabla 2. Requisitos de retención mínima por tipo de preservante y de acuerdo a la categoría de riesgo (CR)

N°	Nombre del preservante	Código	Retención mínima kg/m ³				
			CR1	CR2	CR3	CR4	CR5
1	Arseniato de cobre cromatado	CCA-C ¹	4,0	4,0	6,4	9,6	40
2	Arseniato de cobre y zinc amoniacado	ACZA	4,0	4,0	6,4	9,6	40
3	Boratos (B ₂ O ₃)	SBX (DOT)	4,5	4,5	NR	NR	NR
4	Cobre azole micronizado	MCA	1,0	2,4	5,0	5,0	NR
5	Creosota	Creosota	NR	NR	128	256	400
6	Creosota + CCA	Dual	NR	NR	NR	NR	320 + 20
7	Naftenato de cobre (Cu)	CuN	0,6	0,6	1,2	1,2	NR

Fuente: INTECO, 2020

Nota. NR= No recomendado

El uso del CCA-C está restringido según la reglamentación nacional vigente (Ver el “Reglamento para el registro, importación y etiquetado de preservantes de uso industrial para el tratamiento de maderas” vigente).

- B. Una vez definido la retención mínima se procede a calcular la concentración del preservantes y luego finalmente la retención real en la madera. La concentración es dada en peso seco o componente activo del preservante entre el volumen de la solución. Es importante hacer notar que la concentración además de utilizar la retención por clase de riesgo, se debe tener establecido la absorción de la especie que se va a preservar. En Costa Rica existe la información de absorción para diferentes especies de plantación y algunas de bosque natural. Estos valores son detallados en la Tabla 3.

Tabla 3. Absorción (kg/m³) promedio y tipo de penetración en albura de 16 especies maderables provenientes de plantaciones y de 36 especies maderables provenientes de bosques naturales de Costa Rica.

Fuente	Nombre científico	Nombre Común	Absorción (kg/m ³)	Penetración albura
Plantaciones forestales ¹	<i>Acacia mangium</i>	Acacia	386	Permeable y parcial
	<i>Alnus acuminata</i>	Jaúl	119	Permeable y parcial
	<i>Cedrela odorata</i>	Cedro amargo	280	-
	<i>Cordia alliodora</i>	Laurel	360	Parcial e irregular
	<i>Cupressus lusitanica</i>	Ciprés	103	Permeable e irregular
	<i>Dipteryx panamensis</i>	Almendro	120	Parcial e irregular
	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Guanacaste	242	Parcial e irregular
	<i>Gmelina arborea</i>	Melina	185	Permeable y uniforme
	<i>Hieronyma alchorneoides</i>	Pilón	143	Permeable e irregular
	<i>Pochota fendleri</i>	Pochote	198	Permeable y uniforme
	<i>Samanea saman</i>	Cenízaro	115	Permeable e irregular
	<i>Swietenia macrophylla</i>	Caoba	240	Permeable e irregular
	<i>Tectona grandis</i>	Teca	293	Permeable y uniforme
	<i>Terminalia amazonia</i>	Amarillón	216	Permeable y uniforme
	<i>Terminalia oblonga</i>	Surá, guayabón	215	Permeable y uniforme
	<i>Vochysia ferruginea</i>	Botarrama, areno colorado	84	Permeable e irregular
	<i>Vochysia guatemalensis</i>	Cebo	483	Permeable y uniforme

Fuente	Nombre científico	Nombre Común	Absorción (kg/m ³)	Penetración albura
<i>Bosques naturales</i> ^{2,3}	<i>Anacardium excelsum</i>	Espavél	199	Total regular
	<i>Apeiba aspera</i>	Botija	343	Total regular
	<i>Brosimum utile</i>	Lechoso o baco	273	Uniforme
	<i>Calophyllum brasiliense</i>	Cedro maría	121	Uniforme
	<i>Carapa guianensis</i>	Carapa	116	Total irregular
	<i>Ceiba pentandra</i>	Bonga, bongo	324	Nula
	<i>Copaifera aromatica</i>	Cabimo	200	Total regular
	<i>Couratari panamensis</i>	Coquito, condón de mono, corro	354	Uniforme
	<i>Dendropanax arboreus</i>	Colmeiro, miguel	398	Total regular
	<i>Dialium guianense</i>	Paquí, tamarindo silvestre	8	Total regular
	<i>Dussia sp.</i>		375	Total regular
	<i>Hura crepitans</i>	Tronador, havillo	467	Total regular
	<i>Hymenaea courbaril</i>	Guapinol	54	Total uniforme
	<i>Jacaranda copaia</i>	Para-para, chingalé	263	Total regular
	<i>Lecythis tuyrana</i>	Olleto	58	Total regular
	<i>Manilkara achras</i>	Chicle o sapota, zapotilla	5	Total regular
	<i>Pentaclethra macroloba</i>	Gavilán, quebracho	202	-
	<i>Platymiscium pinnatum</i>	Quira	369	-
	<i>Prioria copaifera</i>	Cativo	335	Total regular
	<i>Pterocarpus officinalis</i>	Paleta de suampo, paleta, sangregado, sangrillo	572	--
	<i>Qualea dinizii</i>	Mendioqueira	213	-
	<i>Rhizophora mangle</i>	Mangle rojo, mangle	12	Total regular
	<i>Schizolobium parahyba</i>	Árbol de zope	204	Total uniforme

Fuente	Nombre científico	Nombre Común	Absorción (kg/m ³)	Penetración albura
	<i>Sclerolobium guianense</i>	Palo santo	237	-
	<i>Sclerolobium paniculatum</i>	Arenillo	396	-
	<i>Simaruba amara</i>	Amargo, cedrillo, puerto	663	-
	<i>Spondias mombin</i>	Jobo, jobo amarillo	450	Uniforme
	<i>Sterculia apetala</i>	Camajón	177	Uniforme e irregular
	<i>Tabebuia guayacan</i>	Guayacán amarillo	68	Total irregular
	<i>Tabebuia serratifolia</i>	Curarí	204	-
	<i>Tabebuia stenocalyx</i>	Roble	379	-
	<i>Tetragastris panamensis</i>	Canfín, estaquillo	193	-
	<i>Tetragastris neglectum</i>	Cedro blanco	386	-
	<i>Ulmus mexicana</i>	Tirrá, olmo, capulín	203	Total irregular
	<i>Vatairea sp.</i>	Cocobolo de San Carlos	92	Total regular
	<i>Virola sp.</i>	Fruta dorada	354	Total regular

Fuente: ¹Moya et al., 2019.

²FAO, 1971

³Conejos, 1969

C. Cálculo de la concentración deseada: como se mencionó se utiliza la absorción y retención, y con la ayuda de la siguiente ecuación (1) poder determinar la concentración:

$$\text{Concentración (\%)} = \left(\frac{\text{Retención} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)}{\text{Absorción} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) * 0,33} \right) * 100 \quad (1)$$

Por ejemplo: la madera aserrada de una especie con absorción de 185,14 kg/m³ y una retención de 5 kg/m³, daría como resultado una concentración de la disolución de 8,2%.

Por otro lado, para preparar la solución, primeramente, se debe conocer la cantidad de solución preservante necesaria a utilizar, para esto es necesario conocer la capacidad del tanque y el volumen de madera a preservar, junto con la concentración del preservante deseada, por lo que el volumen requerido se calcularía de la siguiente ecuación (2):

$$\text{Volumen de solución (L)} = \frac{\text{Capacidad restante del tanque (L)} * \text{Concentración requerida(\%)}}{\text{Concentración del preservante}} \quad (2)$$

Donde:

$$\text{Capacidad del tanque (m}^3\text{)} = \text{volumen del tanque (m}^3\text{)} - \text{volumen de la madera (m}^3\text{)}$$

$$\text{Capacidad del tanque (L)} = \text{Capacidad del tanque (m}^3\text{)} * 1000$$

CONTROL DE CALIDAD

Muestreo

El capítulo 7 de la norma INTE C345:2019 del Instituto de Normas de Costa Rica (INTECO) establece las condiciones de muestreo para postes y madera aserrada preservada con este método. Los autores sugieren que un muestreo de un 10% del lote total de madera preservada o el 10% de la madera que fue comprada como preservada, considerando proporciones iguales si se tiene diferentes espesores o diferentes especies, puede ser apropiado para evaluar la preservación de la madera. Por ejemplo, si se cuenta con 100 tablas preservadas y se requiere evaluar el grado de preservación se secciona una muestra al azar del 10% lo que daría 10 piezas. Pero en el caso de que no se cuente suficiente cantidad de tablas, se debe considerar al menos 3 tablas por especies o espesores. Seguidamente se deben determinar los siguientes parámetros:

Penetración

Es la profundidad en centímetros que penetró el preservante en sentido transversal. Para ello, es necesario cortar transversalmente la madera aserrada o el poste, preferiblemente a una distancia de 50 cm de los extremos. En este corte transversal, se rocía con un aspersor una sustancia indicadora llamada cromoazulol.

Esta sustancia reveladora se prepara mezclando 0,5 g de cromoazulol S concentrado, con 5 gramos de acetato de sodio; esta mezcla sólida se disuelve en 80 mL de agua destilada y posteriormente se lleva hasta un volumen de 100 mL. Esta solución, en presencia de cobre, presenta un cambio de coloración, tornándose azul. En la Figura 4 se logra observar la prueba de colorimetría realizada en 16 especies de plantación tratadas en Costa Rica.

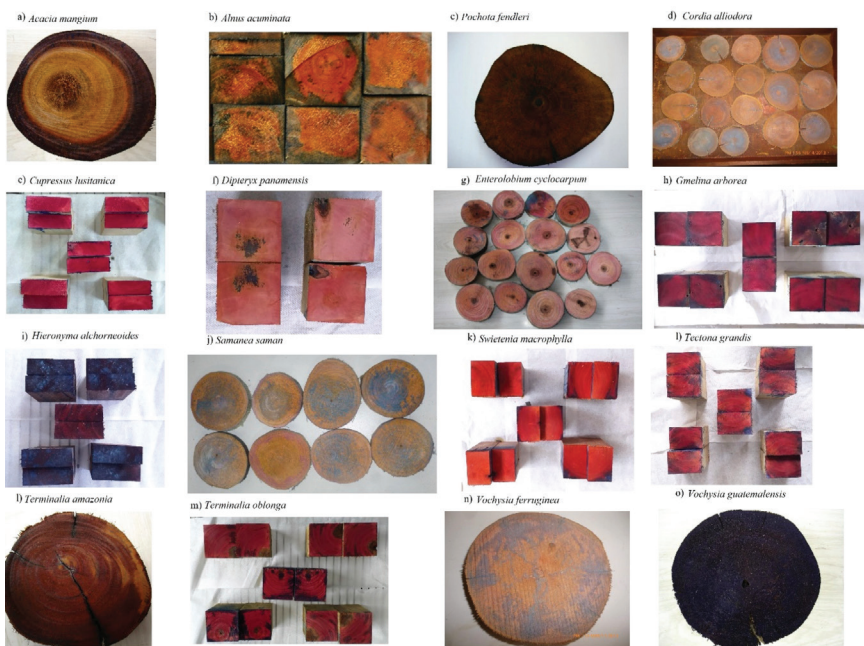


Figura 5. Prueba colorimétrica en madera preservada en 16 especies de plantaciones de Costa Rica.

Fuente: Moya et al., 2019. Fotos cedidas por los autores para este manual.

Nota: el color azul indica la presencia de cobre en la madera.

A partir de esta información se puede clasificar el tipo de penetración de la madera en: total regular, total irregular, parcial regular, parcial irregular, parcial vascular y nula (Figura 3). En Costa Rica existe información del tipo de penetración para 16 especies tropicales de plantación, la cual se presenta en la Tabla 3, así como también se ha recopilado información de especies de bosque natural (Tabla 3).

Método basado en la determinación de la absorción y retención

La absorción se entiende como la cantidad, en peso de solución preservante, absorbida por el volumen de madera. Para establecer este valor, se debe tomar el volumen inicial y final en el tanque de almacenamiento y aplicar la siguiente ecuación (3):

$$\text{Absorción} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{\text{Densidad de la solución} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \cdot (\text{Volumen inicial} (\text{m}^3) - \text{Volumen final} (\text{m}^3))}{\text{Volumen de la madera preservada} (\text{m}^3)} \quad (3)$$

Mientras que, la retención es la cantidad de elementos activos de la solución preservante o de óxidos activos por cada metro cúbico de madera, esta se calcula con la siguiente ecuación (4):

$$\text{Retención} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{\text{Absorción} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) * \text{Concentración} (\%)}{100} \quad (4)$$

Este método se recomienda aplicarlo en la industria de preservación, dado que se requieren datos de la cantidad de volumen y peso de la muestra antes y después del tratamiento.

Método químico

Este proceso se debe realizar en un laboratorio de pruebas químicas existentes el del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Universidad de Costa Rica o Universidad Nacional, así como también laboratorios privados. Para realizar estas pruebas de retención se deben llevar diferentes muestras del lote de madera tratada y se debe suministrar la densidad de la madera que fue preservada. El método que debe solicitarse es determinación de cobre por espectrometría de fluorescencia de rayos X que establece la norma INTE C396:2020.

Este método consiste en tomar muestras (tarugos de madera) de la madera preservada, que deben ser secadas al aire, posterior al proceso de preservado o de la obtención de la muestra preservada. Estas muestras se llevan al laboratorio donde se realizará el análisis químico, se introduce cada una de ellas en un vaso precipitado y se secan por 8 horas a una temperatura de 110 °C. Posteriormente las muestras son molidas y se tamizan a un tamaño de partícula menor a 0,5 mm (usar un tamiz No. 35). Seguidamente, se toma 1 g de la muestra tamizada y se prensa. Finalmente, la muestra es colocada en analizador de espectrometría y se realiza el análisis de la muestra de acuerdo con las instrucciones de manejo del equipo dadas por el fabricante. El equipo brinda un espectro en el cual se debe leer la cantidad de óxido de cobre II (CuO), el cual el laboratorio hace un reporte de la cantidad de cobre en kg/m³ con un rango de variación.

AGRADECIMIENTO

Para la reedición e impresión de esta guía se contó con el apoyo del Proyecto de Extensión de Fondos del Sistema: **“Mejoramiento del diseño arquitectónico, estructural y del uso materiales utilizados en la construcción de viviendas de interés social para la Territorio Indígena de Cabagra, Buenos Aires, Puntarenas”**.

REFERENCIAS

Conejos, J. (1969). Características de preservación de 127 maderas de la Guayana Venezolana. Laboratorio Nacional de Productos Forestales. Mérida, Venezuela.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (1971). Inventarios y demostraciones forestales: Propiedades y usos de ciento trece especies maderables de Panamá. Panamá.

INTECO. (2019). Madera - Preservación – Clasificación según uso y riesgo en servicio. (INTE C345:2019). https://www.inteco.org/en_US/shop/inte-c345-2019-preservacion-de-madera-clasificacion-segun-uso-y-riesgo-en-servicio-5629#attr=

INTECO. (2020). Madera - Preservación - Medición de la penetración de preservantes en la madera. (INTE C397:2020). <https://www.inteco.org/shop/product/madera-preservacion-medicion-de-la-penetracion-de-preservantes-en-la-madera-7574>

Junta del Acuerdo de Cartagena, J. U. N. A. C. (1988). Manual del Grupo Andino para la preservación de maderas. Perú, Lima, 450 p.

Moya-Roque, R., Leandro-Zúñiga, L., & Monge-Romero, F. (2004). Preservación de postes de melina mediante el método vacío-presión con sales de CCA-C. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 1(3), pág-1-4. Recuperado a partir de <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/kuru/article/view/567/493>

Moya; R., Tenorio, C., Salas, C., Berrocal, A., Muñoz, F. 2019. Tecnología de madera de plantaciones forestales: Fichas Técnicas. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Editorial de la Universidad de Costa Rica. ISBN 978-9977-66-456-9. Cartago, Costa Rica, 494 p.

Notas

UCR TEC

UNA



CONARE

UNED

UTN
Universidad
Tecnológica