

**UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**

**FACULTAD DE INGENIERIA**



*Excelencia que trasciende*

**DEL VALLE**  
GRUPO EDUCATIVO

**GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS EN IMPREGNACIÓN  
DE MADERA CON BORATOS  
-Salud y Seguridad Ocupacional-**

Trabajo de graduación presentado por  
**CYNTHIA MARIANA ESPINOZA MARTÍNEZ**  
para optar al grado académico de  
Licenciada en Ingeniería Química

GUATEMALA

2012



**GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS EN IMPREGNACIÓN  
DE MADERA CON BORATOS  
-Salud y Seguridad Ocupacional-**

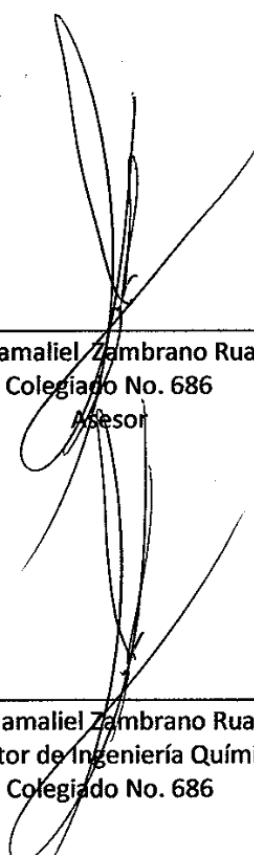
**UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE INGENRIA**

**GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS EN IMPREGNACIÓN**  
**DE MADERA CON BORATOS**  
**-Salud y Seguridad Ocupacional-**

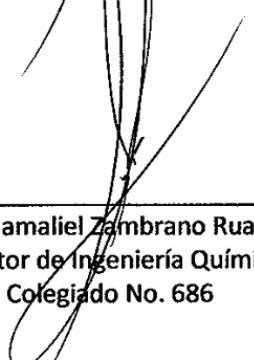
Trabajo de investigación presentado por  
**CYNTHIA MARIANA ESPINOZA MARTÍNEZ**  
para optar al grado académico de  
Licenciada en Ingeniería Química


GUATEMALA  
2012

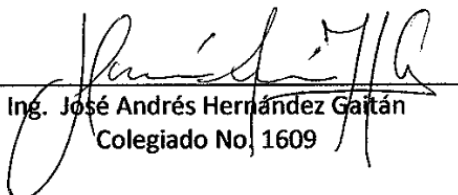
Vo.Bo.:

(f)   
Ing. Gamaliel Zambrano Ruano  
Colegiado No. 686  
Asesor

Tribunal:

(f)   
Ing. Gamaliel Zambrano Ruano  
Director de Ingeniería Química  
Colegiado No. 686

(f)   
Ing. Carmen Alicia Ortiz Pineda  
Colegiado No. 693

(f)   
Ing. José Andrés Hernández Gaitán  
Colegiado No. 1609

Fecha Aprobación: 08 de agosto de 2012

## **PREFACIO**

El presente trabajo surge del interés hacia los distintos métodos para impregnar madera con algún químico amigable al ambiente que de forma eficaz mejore la resistencia al ataque de agentes dañinos. El presente texto fue desarrollándose en diferentes etapas que culminaron en una recopilación de métodos alternativos de impregnación de madera, eligiendo los boratos como opción viable se realizó una guía de buenas prácticas en impregnación de madera con boratos. Este material enfocado en servir tanto al constructor como a todo aquel involucrado en la industria maderera en Guatemala. En caso se desee cumplir requerimientos o normas de exportación para madera tratada con boratos; la guía logrará proporcionar procedimientos estándares que garanticen la calidad del método.

Este proyecto se realizó gracias al apoyo del Departamento de Ingeniería Química de la Universidad del Valle de Guatemala, mi madre Luvia Holanda Martínez, mi familia y amigos, que me acompañaron durante toda mi carrera universitaria y sin su colaboración nada hubiera sido posible.

# CONTENIDO

PREFACIO .....	iv
LISTA DE TABLAS .....	vi
LISTA DE FIGURAS .....	vii
RESUMEN .....	viii
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. JUSTIFICACIÓN.....	2
3. OBJETIVOS .....	4
4. PRESERVANTES PARA MADERA.....	5
4.1. Requisitos de un preservante .....	5
4.2. Tipos de preservantes .....	8
5. IMPREGNACIÓN DE MADERA CON CCA (Cobre Cromo Arsénico) .....	26
5.1. Equipo e infraestructura.....	26
5.2. Preparación de la solución.....	27
5.3. Proceso de impregnación.....	27
6. IMPREGNACIÓN DE MADERA CON BORATOS.....	32
6.1. Boratos para preservar madera .....	33
6.2. La preservación de madera con boratos por el método de difusión.....	35
6.3. Uso de madera preservada con boratos (Velásquez, 1993) .....	37
6.4. Permanencia de los boratos en la madera preservada.....	38
6.5. Aplicación del método de boratos .....	38
6.6. Tablas para la adaptación del método con boratos .....	49
7. GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS.....	50
7.1. Propósito.....	50
7.2. Alcance .....	50
7.3. Caracterización del preservante.....	50
7.4. Hojas de salud y seguridad .....	67
8. CONCLUSIONES .....	73
9. RECOMENDACIONES .....	74
10. BIBLIOGRAFÍA.....	75
11. REFERENCIAS DE INTERNET .....	77
12. GLOSARIO.....	81

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Resumen de requisitos de un preservante .....	8
Tabla 2: Composición de tres diferentes tipos de CCA .....	10
Tabla 3: Parte 1, Preservantes para madera contra efectos de agua.....	13
Tabla 4: Parte 2,Preservantes para madera contra efectos de agua.....	14
Tabla 5: Parte 3, Preservantes para madera contra efectos de agua.....	15
Tabla 6: Preservantes tipo aceite para madera .....	23
Tabla 7: Parte 1, Retención mínima neta para tratamientos preservantes.....	24
Tabla 8: Parte 2, Retención mínima neta para tratamientos preservantes.....	25
Tabla 9: Semanas de empaque necesarias según el grosor de la madera tratada .....	40
Tabla 10: Cantidades de boratos para la preparación de soluciones .....	42
Tabla 11: Tratamiento por inmersión según la clase de madera .....	43
Tabla 12: Piezas aserradas que se pueden tratar con 10 galones de solución por inmersión ...	44
Tabla 13: Piezas rollizas que se pueden tratar con 10 galones de solución por inmersión .....	45
Tabla 14: Cantidades de boratos para la preparación de soluciones .....	46
Tabla 15: Tratamiento con brocha para madera aserrada o rolliza .....	47
Tabla 16: Piezas rollizas que se pueden tratar con 5 galones de solución por inmersión .....	47
Tabla 17: Piezas aserradas que se pueden tratar con 5 galones de solución por inmersión .....	48
Tabla 18: Concentración y temperatura de solución según el grosor de madera .....	49
Tabla 19: Cantidad de borato necesaria para prepara 1000L de solución.....	49
Tabla 20: Equipo de protección para proceso de impregnación de madera con boratos .....	64
Tabla 21: Efectos del ácido bórico.....	68
Tabla 22: Consideraciones tóxicas del ácido bórico .....	69
Tabla 23: Efectos del ácido brax.....	71
Tabla 24: Consideraciones tóxicas del borax.....	72

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1: Disposición del sistema al momento del vacío.....	28
Figura 2: Disposición del sistema al momento del llenado y aplicación de presión.....	29
Figura 3: Disposición del sistema al momento del drenado de la solución .....	29
Figura 4: Disposición del sistema al momento del vacío final .....	30
Figura 5: Pileta de tratamiento .....	41

## **RESUMEN**

El objetivo de este trabajo es promover el uso de boratos como método alternativo de impregnación de madera, inicialmente se realizó una recopilación de métodos para el tratamiento de madera, presentando ventajas y desventajas de cada uno de ellos. Posteriormente se hace una investigación del método de impregnación CCA (Cobre-Cromo-Arsénico), utilizado actualmente en Guatemala, listando formas de aplicación, beneficios y limitaciones. Más adelante el contenido se enfocó en los boratos como método actual viable para la impregnación de madera, se realizó una Guía de Buenas Prácticas en Impregnación de Madera con Boratos (Salud y Seguridad Ocupacional) aplicable en la industria de madera de Guatemala; donde se incluyen componentes toxicológicos y distintas formas de aplicación; cumpliendo con la seguridad y salud ocupacional dentro de la industria.



# 1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo es una investigación teórica de los tratamientos de madera. En dicha investigación se describen los distintos métodos utilizados para el tratamiento de madera enfocándonos en sus ventajas y desventajas, su fijación y uso. Para luego continuar con la elaboración de una guía de buenas prácticas en la impregnación de madera con boratos.

Se inicia con una descripción de algunos métodos de tratamiento de madera para poder observar la variedad de métodos existentes en todo el mundo de impregnación de madera. Continuando con una descripción más detallada del método de boratos, sus beneficios y sus debilidades, así como también formas de aplicación y pasos a seguir para la impregnación. Se presenta una sección teórica en la cual se describe lo aprendido por medio de investigaciones, documentos u otro tipo de referencias; esto con el objetivo de introducir al lector en el tema de impregnación de boratos.

Seguidamente se realizó una guía de buenas prácticas en impregnación de madera con boratos. Este incluirá el propósito, alcance, definiciones principales y la correcta manipulación de boratos. Desarrollando guía de buenas prácticas en la impregnación de madera con boratos, tomando en cuenta los componentes toxicológicos y las distintas formas de aplicación de los mismos y cumpliendo con la seguridad y salud ocupacional dentro de la industria.

En las secciones del trabajo se describe los diversos tratamientos de madera, se analizarán los métodos existentes para la impregnación de madera, así como el análisis de los beneficios y limitaciones de la impregnación de boratos. Se presentan procedimientos para las distintas formas de fijación de boratos y su correcta manipulación. Posteriormente se hace una propuesta de los métodos de fijación de boratos para la madera en Guatemala. Por lo tanto dicho proyecto estudia los métodos de impregnación de la madera con boratos, su implementación actual y sus beneficios.

## 2. JUSTIFICACIÓN

A nivel mundial el uso de métodos para impregnar la madera con algún químico que mejore su resistencia al ataque de agentes dañinos, como las termitas o los hongos, es una práctica muy común. Debido a lo antes mencionado los métodos han variado y mejora su calidad, siendo menos dañinos con el ambiente y más eficaces contra los organismos que se desean eliminar. Es por esto que métodos como la creosota y el Arseniato Cromado de Cobre (CCA) ya no son muy utilizados, por el uso de arsénico como ingrediente activo, el cual al es considerado tóxico y al estar en contacto con el suelo este lo contamina. Por el contrario métodos como el de boratos es poco tóxico, más amigables con el medio ambiente y no presentan altos riesgos para los seres humanos.

A nivel nacional se posee un alto potencial forestal, tomando entonces la madera como opción viable a nivel comercial. Sin embargo, existe escasas de investigación y desarrollo de métodos en el campo de la madera, limitando su viabilidad comercial. Esto se debe, en parte, a que el tratamiento más comúnmente utilizado para impregnar madera en Guatemala es el antes mencionado CCA. Esto limita la capacidad de exportación de madera en Guatemala con países de altos estándares de calidad en madera.

Pese a la escasa investigación, en Guatemala ya se han tratado de implementar distintos métodos de impregnación de madera. No siendo nuevo el estudio de lo boratos, pero así mismo tampoco es aplicado.

El problema que se encuentra en la industria de madera es el poco apoyo en la implementación de nuevos métodos de impregnación, optando trabajar con un método ya de su conocimiento y confianza. Por otro lado, no se toman en cuenta al mercado internacional como un objetivo viable para la venta de madera impregnada; tampoco se ve como motivo de preocupación el mejorar sus prácticas de impregnación.

En este trabajo, se presenta la investigación de distintos métodos de impregnación de madera alternativos. Enfocándonos en el método de impregnación de boratos como tratamiento alternativo, se describen los beneficios y limitaciones de este método. Además, se desarrollará un manual o guía de buenas prácticas en impregnación de madera con boratos (Salud y Seguridad Ocupacional) aplicable en la industria maderera de Guatemala.

Con la realización de una guía de buenas prácticas en impregnación de madera con boratos, se pretende establecer un método estándar para la ejecución y utilización de boratos. Al mismo tiempo la guía cumplirá con la seguridad y salud ocupacional dentro de la industria. Presentando un registro escrito de información y consideraciones a tomar en cuenta y ser utilizadas para orientar la correcta manipulación de boratos, tomando en cuenta su toxicología.

Considerando que Guatemala más adelante desee cumplir requerimientos o normas de exportación para madera tratada con boratos; con la elaboración del manual se poseerán procedimientos estándares que garanticen la calidad del método.

## 3. OBJETIVOS

### 3.1. General

Promover el uso de boratos como método alternativos de impregnación de madera, realizando una guía de buenas prácticas en impregnación de madera con boratos aplicable en la industria de madera de Guatemala.

### 3.2. Específicos

- Realizar una recopilación de métodos de impregnación de madera alternativos y determinar su viabilidad en la industria, mediante el listado de ventajas y desventajas.
- Elaborar una guía de buenas prácticas que certifique la seguridad y salud ocupacional en el proceso de impregnación con boratos, aplicable en la industria maderera de Guatemala.

## 4. PRESERVANTES PARA MADERA

La madera puede ser protegida del ataque de hongos de pudrición insectos dañinos, o perforadores marinos mediante la aplicación de determinados productos químicos, preservantes de la madera. Son sustancias químicas, por lo general compuestos sólidos, que son usados normalmente en soluciones tales que, al ser aplicadas a la madera, le imparten características de durabilidad frente al ataque de hongos e insectos. (United States Department of Agriculture, 1987) (RITL, 2010)

Los preservantes deben transformar la madera en un material venenoso para los organismos xilófagos que pretenden vivir o desarrollarse en su interior. (RITL, 2010)

En la solubilidad de estas sustancias influyen los exudados ácidos o alcalinos de los agentes biológicos. La dosis mínima letal de cada preservante está dada por la menor cantidad de producto químico activo, en relación al sustrato, necesaria para eliminar al enemigo biológico. (RITL, 2010)

El grado de protección obtenido depende del tipo de preservante utilizado y en el logro de una adecuada penetración de la retención de los productos químicos. Algunos preservantes son más efectivos que otros, algunos son más adaptable a las necesidades de uso determinado. (United States Department of Agriculture, 1987)

Buenos preservantes de madera, aplican una retención recomendada y una penetración satisfactoria a la madera, aumentan en gran medida la vida de las estructuras de madera, de 5 a 10 veces. Al considerar los procesos de tratamientos de protección y la especie de madera, la combinación debe proporcionar la protección requerida por la condición de la exposición de la vida de la estructura. (United States Department of Agriculture, 1987)

### 4.1. Requisitos de un preservante

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

**4.1.1. Toxicidad:** La toxicidad es fundamental para los preservantes con el fin que puedan controlar o anular la actividad de los elementos biológicos que afectan a la

madera. Cantidades menores pero cercanas a la dosis mínima letal sólo inhiben el desarrollo de los organismos xilófagos, pero no los elimina; es decir, se ejerce una acción fungistática, pero no fungicida, si se toma a los hongos como ejemplo. La dosis mínima puede variar en cada preservante, el conocimiento de ella es sumamente importante para la eficacia del tratamiento preservador y para los aspectos económicos de la impregnación de la madera. (RITL, 2010)

Un buen preservante es tóxico para los destructores de la madera. Para ello, un preservante debe ser al menos parcialmente soluble en los fluidos biológicos del organismo atacando; cierta solubilidad en agua es un buen indicador de esta capacidad. Como lo que se refiere a la duración de la acción preservante de cualquier producto químico determinado debe ser tan largo como la vida de la estructura. El preservativo no debe evaporarse lejos de la madera tratada, ni debe ser transformado en otras sustancias químicas no tóxicas o ser lixiviados cuando la madera entra en contacto con el agua. (Gurfinker, G.; 1981:113)

**4.1.2. Penetrabilidad:** La penetración o profundidad que alcanza un preservante en la madera es un factor que depende del grado de viscosidad del producto químico, de las características y contenido de humedad de la madera y del método de tratamiento, entre otros. (RITL, 2010)

La madera puede ser bien protegidos sólo cuando el preservante sustancialmente penetra, y algunos métodos de tratamiento de asegurar una mejor penetración que otros. También hay una diferencia en la posibilidad de tratamiento de varias especies de madera, en particular de su duramen, que por lo general se resiste a un tratamiento conservador más de albura. (United States Department of Agriculture, 1987)

Algunas sustancias químicas reaccionan con la madera para dar lugar a precipitados insolubles que disminuyen o impiden su penetración, sobre todo, si estos se producen rápidamente y finalmente, se debe indicar que existen maderas que por su naturaleza tienen alto peso específico o baja porosidad, o que sus conductos se hallan taponados por gomas o resinas, lo cual las hace impenetrables y, en consecuencia, difíciles de preservar. (RITL, 2010)

**4.1.3. Permanencia:** La madera tratada debe durar muchos años. Para que el preservante ofrezca esta garantía, los componentes tóxicos que poseen deben ser de tal naturaleza que pueden fijarse a la madera en forma permanente, lo cual generalmente se

consigue por la formación de precipitados insolubles a reacciones químicas y que conservan su grado de toxicidad. En otras palabras, los precipitados tóxicos no deben alterarse por lixiviación, volatilización o por cambios químicos. (RITL, 2010)

**4.1.4. Inocuidad:** Los preservantes deben ser seguros de manejar. En general, no pueden exigir del hombre otros cuidados que los requeridos para los productos químicos corrientes.

Algunos productos ofrecen cierto riesgo para las personas que los manipulan, ya que concentrados son tóxicos para el hombre y los animales domésticos ; sin embargo, esto mismo ocurre con una serie de productos químicos que son usados frecuentemente en la industria o el hogar. Sólo cuando un preservante entraña un riesgo especial se le debe clasificar como peligroso. (RITL, 2010)

**4.1.5. No corrosivo:** Los preservantes no deben ser corrosivos para los metales (clavos, pernos, equipos, etc.). (RITL, 2010)

**4.1.6. No combustible:** Los preservantes no deben aumentar el poder de combustión de la madera tratada. En algunas fórmulas se incluyen sustancias inhibidoras de la propagación del fuego. (RITL, 2010)

**4.1.7. De fácil aplicación:** Los preservantes no deben ofrecer dificultades para su incorporación en la madera. (RITL, 2010)

**4.1.8. Permitir acabados:** Los preservantes no deben interferir en los acabados que se realicen en la madera tratada, como poder pintarla si se quiere. (RITL, 2010)

**4.1.9. No fitotóxicos:** La madera impregnada empleada en ciertas labores agrícolas, no deben afectar a los productos como la vid, pimiento, maracuyá y otros que pueden crecer sobre soportes o tutores. (RITL, 2010)

**4.1.10. Económicos y accequibles:** El costo de los preservantes influye sobre el valor final de la madera tratada. Cuando éste es muy elevado, incide significativamente en el costo del tratamiento y puede llegar a impedir que la madera

impregnada compita con aquella sin tratamiento o con otros materiales capaces de sustituirla. En la selección de un preservante debe tenerse en cuenta su disponibilidad en los mercados locales y el destino que se pretenda dar a la madera tratada. (RITL, 2010)

**Tabla 1: Resumen de requisitos de un preservante**

<b>Característica</b>	<b>Descripción</b>
Toxicidad	Tóxico para los destructores de la madera y no para el humano.
Penetrabilidad	Profundidad que alcanza un preservante en la madera.
Permanencia	Tiempo de duración del preservante en la madera tratada.
Inocuidad	Preservante seguros de manejar
No corrosivo	No deben ser reaccionar con os metales u objetos con contacto
No combustible	No deben aumentar el poder de combustión de la madera tratada
De fácil aplicación	De facilitar su uso al aplicarlo a la madera
Permitir acabados	No deben interferir en acabados
No fitotóxicos	No debe inhibir el crecimiento de plantas
Económicos y asequibles	Aumento considerablemente en el costo final de la madera tratada.

Fuente: Elaboración propia, 2011.

## 4.2. Tipos de preservantes

Los preservantes de la madera se dividen en dos clases generales: 1) Preservantes olosolubles o aceites, como la creosota y soluciones de petróleo, pentaclorofenol; y 2) Preservantes hidrosolubles o sales solubles en agua. (United States Departament of Agriculture, 1987)

**4.2.1. Preservantes hidrosolubles:** El agregado de cromatos alcalinos en las multisales modernas tiene la misión de fijar los componentes y contrarrestar la actividad corrosiva de algunos compuestos ácidos

Las sales solubles en agua ofrecen una mayor garantía frente a los peligros de incendio. 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. La toxicidad de las sales se expresa como Factor Oxido, que es la sumatoria de los pesos porcentuales de cada componente expresado como óxidos, ya que son éstos los que determinan la actividad tóxica de la sal. (RITL, 2010)

4.2.1.1. Arseniato cromado de cobre (CCA): El CCA se compone de una mezcla de cobre, cromo y arsénico formulado como óxidos o sales, utilizado desde 1928. En Guatemala consiste en una solución al 60%, la mezcla contiene 38.5% de ácido crómico ( $\text{CrO}_3$ ), 11.10% de óxido cúprico ( $\text{CuO}$ ) y 20.40% de pentóxido de arsénico ( $\text{As}_2\text{O}_5$ ). (Producción más Limpia, 2007)

El CCA es un plaguicida que protege la madera debido a sus agentes activos, el cobre es un potente fungicida que previene la pudrición causada por los hongos; el componente principal en insecticidas, arsénico, es un micro elemento que detiene el ataque de las termitas y otros insectos que atacan la madera. El cromo actúa como un agente químico de fijación, posee propiedades de preservante pero ayuda a los demás productos químicos se fijen en la madera. Este plaguicida también tiene la capacidad de mejorar el tiempo de resistencia de la madera tratada y puede ayudar a la adhesión de pintura a largo plazo. (Monaghan, 2007) (SWST, 2004) (AWPA, 2011)

Es reconocido por el color verdoso que confiere a la madera, el CCA es un preservante comúnmente utilizado por muchas décadas. Pero posee la característica que con el tiempo, pequeñas cantidades de sus componentes, en especial arsénico, pueden filtrarse fuera de la madera tratada. Es decir, los compuestos químicos pueden lixiviar de la madera en el suelo circundante. Esto se da particularmente en el caso en ambientes ácidos, como ejemplo, suelos de arcilla o tierras que son más alcalinos que neutros. Debido a esto la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos restringió el uso de la CCA presentándolo como un peligro para la salud en algunos países (Estados Unidos, Canada, UE y Australia). (SWST, 2004)

Un riesgo más grave se presenta cuando la madera tratada con CCA se quema en espacios confinados como un fuego interno. Debido a que los residuos luego de ser quemada la madera tratada representan un alto nivel tóxico, más aún que el mismo CCA. (SWST, 2004)

El CCA a pesar de ser muy utilizado con el tiempo han existido modificaciones en los sistemas inorgánicos, como sustitución de parte de arsénico por zinc, como el ACZA (Sales amoniacales de cobre, zinc y arsénico) o bien sustituir completamente el boro por el arsénico (CCB- Bocado de cromo-cobre). Otros preservantes como el CCA que incluyen los compuestos de cobre cuaternarios alcalinos (ACQ-Alcaline Copper Quaternary), el cobre

azoles (CuAz), amoniacal arseniato de zinc y cobre (ACZA- Ammoniacal Copper Zinc Arsenate), el cobre citrato, y el cobre HDO (CuHDO). (AITIN, 2010) (AWPA, 2011)

Existen diferentes tipos de CCA, los tipos I, II y III de arseniato de cobre cromado (CCA) están cubiertos en la Especificación Federal TT-W-550 y AWPA estándar P5. Las composiciones de los tres tipos de acuerdo a la especificación federal figuran en la Tabla 33.2. Las especificaciones anteriores permite sustitución de dicromato de potasio o de sodio de trióxido de cromo, sulfato de cobre, carbonato básico de cobre, hidróxido de cobre o de óxido de cobre y ácido arsénico o arseniato de sodio de pentóxido de arsénico. (United States Department of Agriculture, 1987)

**Tabla 2: Composición de tres diferentes tipos de CCA**

Componente	Tipo I	Tipo II	Tipo III
	Partes por peso		
Trióxido de cloro	61	35.3	47
Óxido de cobre	17	19.6	19
Pentóxido de arsénico	22	45.1	34

Fuente: United States Department of Agriculture, 1987.

Altas retenciones de los tres tipos de preservativo de CCA ofrece una buena resistencia al ataque del taladrador marino Limnoria y Tereido, insectos xilófagos que atacan la madera. (United States Department of Agriculture, 1987)

4.2.1.2. Compuestos cuaternario de cobre amoniacal (ACQ): ACQ se compone de compuesto de cobre 66% y 33% de un compuesto de amonio cuaternario, Didecil Dimetil Cloruro de Amonio (DDAC- Didecyl Dimethyl Ammonium Chloride). Tanto el cobre y los componentes de amonio cuaternario son efectivos contra los hongos destructores de la madera y los insectos que ingieren la madera. Insectos que no ingieren la madera, tales como las hormigas carpinteras o escarabajos barrenadores no se ven afectados por el tratamiento ACQ. Aunque el cobre en el ACQ es ampliamente eficaz contra la mayoría de los hongos, no es efectiva contra todo tipo de hongos por lo que no puede ser utilizado como conservante único. El uso de la DDAC como cobioicida junto con el cobre da la madera tratada con ACQ poseen muy buena resistencia a los hongos. (Monaghan, 2007) (SWST, 2004) (AITIN, 2010)

La forma más usual de ACQ utiliza etanolamina como la solución portadora (ACQ-D). La investigación reciente indica que el ACQ-D es relativamente resistente a la lixiviación

debido a las reacciones químicas dentro de la fijación de la madera que se producen con rapidez en unas horas luego del tratamiento. La reacción de fijación para el ACQ-D empieza en parte con la rápida formación de insolubles de cobre y de madera con amins y complejos sobre el envejecimiento da compuestos insolubles de cobre en la madera. (Monaghan, 2007) (Simpsons Strong-Tie Company, 2011)

ACQ-B es otra forma de conservantes que utiliza amoníaco como el portador en lugar de etanolamina. El amoniaco ayuda al ACQ-B a penetrar las maderas más difíciles de tratar como lo es el abeto. ACQ-B no sufre las mismas reacciones rápidas como la fijación del ACQ-D y la madera debe ser secada al horno o preparada en forma adecuada para la exposición al aire libre para asegurarse que la fijación se produjo. (Simpsons Strong-Tie Company, 2011) (AITIN, 2010)

4.2.1.3. Cobre Azol (CA) o Azol de Cobre-Boro (CBA): CBA o conservantes cobre boro azoles se componen típicamente de 49% de cobre, 49% de ácido bórico y el 2% de un triazol orgánicos, tales como tecbuconazole o propiconazol. Al igual que en el ACQ, el cobre en la CBA es eficaz contra la mayoría de los hongos y los insectos, pero necesita un auxiliar de fungicida. El ácido bórico es eficaz contra los insectos y hongos, pero es soluble en agua y está sujeta a la lixiviación de la madera. Tecbuconazole es un fungicida eficaz y es resistente a la lixiviación de la madera, pero su eficacia como insecticida es todavía incierto. Propiconazol es un fungicida eficaz, pero se considera ineficaz como insecticida. El tratamiento de CBA está siendo suplantado por lo general el tratamiento de cobre azoles recientemente aprobado (CA), que no tiene el boro y tiene niveles más altos de cobre y triazol. CA es del 96% de cobre y utiliza 4% triazol orgánicos como el co-biocida y se utiliza generalmente en un portador de etanolamina. (Monaghan, 2007)

En general, el cobre azole posee ventajas y desventajas estas son:

Ventajas:

- ✓ Protege a la madera contra hongos de pudrición e insectos.
- ✓ Es de baja contaminación y bajo efecto sobre el medio ambiente.
- ✓ Se puede usar en maderas sobre el suelo o empotradas en él.
- ✓ Es un producto libre de arsénico y cromo

Desventajas:

- ✓ Tiene un nivel de toxicidad relativamente alto
- ✓ Su costo es considerablemente mayor, debido a que solo sien

- ✓ El aspecto de la madera tratada con cobre del azole presenta una coloración verde debido al cobre que posee.

4.2.1.4. Cromato ácido de cobre (Celcure): El cromato ácido de cobre contiene, de acuerdo con la especificación federal TT-W-546 y AWPA estándar P5, un 31.8% de óxido de cobre y el 68.2% de ácido crómico. Una cantidad equivalente de sulfato de cobre, dicromato de potasio o dicromato de sodio puede ser usado en lugar de óxido de cobre. La madera impregnada con cromato ácido de cobre presenta buena resistencia a la descomposición y ataque de las termitas. Según prueba realizada por el Laboratorio de Productos Forestales y de la Marina de los Estados Unidos mostró que la madera impregnada con un mínimo de 0.5 libras por pie cúbico de celcure es resistente al ataque del taladrador marino. La protección contra la polilla de mar, sin embargo, es mucho menor que la que ofrece un tratamiento estándar de creosota. (United States Department of Agriculture, 1987)

4.2.1.5. Arseniato de cobre amoniacal: De acuerdo con la especificación federal TT-W-549 y AWPA estándar P5 el arseniato de cobre amoniacal (chemonite) debe contener aproximadamente 49.8% de óxido de cobre o una cantidad equivalente de hidróxido de cobre, el 50.2% por ciento de pentóxido de arsénico. Con el fin de mejorar la solubilidad de este sistema, se puede añadir un 1.7% de ácido acético. La retención neta de conservante se calcula de la libra de óxido de cobre más pentóxido de arsénico por metro cúbico de madera tratada. (United States Department of Agriculture, 1987)

4.2.1.6. Cloruro de zinc cromado: Cloruro de zinc cromado se desarrolló en 1934. Según las especificaciones federales TT-W.551 y en AWPA estándar P5 el cloruro de zinc cromado (FR)<sup>2</sup> se incluye como un producto químico ignífugo. Las especificaciones requieren que contienen el 80% de óxido de zinc y 20% de óxido de cromo. Cromato de sodio puede ser sustituido por el trióxido de cromo y cloruro de zinc para el óxido de zinc. El preservante es moderadamente eficaz en contacto con el suelo o en los medios húmedos, siendo efectivo en condiciones secas. Sus principales ventajas son su bajo costo y facilidad de manejo en el tratamiento de las plantas. La mayoría de las normas no permiten que este preservante se utilice en contacto con el suelo. (United States Department of Agriculture, 1987)

El cloruro de zinc cromado (FR), contiene 80% de cloruro de zinc cromado, un 10% de ácido bórico, y el 10% de sulfato de amonio. Retenciones de entre 1-1/2 a 3 libras por pie cúbico de madera proporcionan una protección combinada contra el fuego, la descomposición y al ataque de insectos. (United States Department of Agriculture, 1987)

4.2.1.7. Fluor cromo arsenato fenólico: La composición de la harina de arseniato de cromo fenol (FCAP) está incluido en la especificación federal TT-W-535 y el AWWPA estándar P5. Los ingredientes activos del preservante son: 20% de fluoruro, 37% de trióxido de cromo, 25% de pentóxido de arsénico y 16% de dinitrofenol. (United States Department of Agriculture, 1987)

Para evitar las manchas desagradables el pentaclorofenato de sodio es sustituido en la misma cantidad para el dinitrofenol. El fluoruro de sodio o de potasio puede ser utilizado como una fuente de flúor. El cromato de sodio o dicromato puede ser usado en lugar de trióxido de cromo. El arseniato de sodio puede ser utilizado en lugar de pentóxido de arsénico. (United States Department of Agriculture, 1987)

Existen varios tipos de FCAP, el FCAP tipo I (Wolman salts) y el FCAP tipo II (Osmosalts) se desempeña bien en las estructuras de madera sobre el suelo, pero en general no se recomienda su uso si existe contacto con el suelo. (United States Department of Agriculture, 1987).

**Tabla 3: Parte 1, Preservantes para madera contra efectos de agua**

Tipo de preservante	Composición	Ventajas	Desventajas
Cromato ácido de cobre (Celcure)	31.8% de óxido de cobre, el sulfato de cobre, el dicromato de potasio o dicromato de sodio se pueden sustituir por el óxido de cobre	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Buena protección contra insectos y deterioro</li> <li>- Puede pintarse</li> <li>- No tiene olor objetable</li> <li>- Impregnada con 0.5lb/pie<sup>3</sup> (8.10kg/m<sup>3</sup>)</li> <li>- La madera tiene la misma resistencia al ataque del barrenador marino</li> </ul>	-La madera puede estar en contacto con el agua o el suelo, pero el grado de impregnación depende del uso final de la madera
Arsenito de zinc metálico	60 partes de ácido arsenioso y 40 partes de óxido de zinc con suficiente ácido acético para mantener los conservadores en solución	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Buena protección contra deterioro e insectos</li> <li>-Se puede pintar</li> <li>Olor inobjetable</li> </ul>	-La madera se puede usar en contacto con el suelo, pero en general no se recomienda el contacto con el agua

Fuente: Hornbostel, 1999:554

Tabla 4: Parte 2, Preservantes para madera contra efectos de agua

Tipo de preservante	Composición			Ventajas	Desventajas
Arsenato de Cobre cromado  Tipo I (Erdait, Greensalt, Tanlith y CCA)  Tipo II (Boliden, K33)  Tipo III (Wolman, CCA)	Partes por peso			- Excelente protección contra deterioro, hongos y termitas; buena resistencia contra el barrenador marino cuando solo esta presentes <i>Limnoria</i> y <i>Terdeo</i>  - Buena protección contra deterioro y ataque de insectos Se puede pintar Olor no objetable	- La madrea puede estar en contacto con el suelo - Se usa en agua salada sólo cuando están presentes los barrenadores <i>Limnoria</i> y <i>Terdeo</i>  - Puede estar en contacto con el suelo o agua
	Trióxido de cromo	Óxido de cobre	Pentóxido de arsénico		
	61	17	22		
	35.3	19.6	45.1		
	Se permiten las siguientes sustituciones: bicromato de sodio o potasio por el trióxido de cromo; sulfato de cobre, carbonato básico de cobre o trióxido de cobre por el óxido de cobre; y ácido arsénico o arsenato de sodio por pentóxido de arsénico				
Cloruro de zinc cromado	80% de óxido de zinc y 20% de trióxido de cromo; se permite las siguientes sustituciones: cloruro de zinc por óxido de zinc; y bicromato de sodio por trióxido de cromo			- Moderadamente efectivo en contacto con el suelo o en instalaciones; buena protección contra cualquier condición más seca	- No se debe usar en contacto con el suelo o agua; tiene cierta acción filtrante
Cloruro de zinc cromado (FR)	80% de cloruro de zinc cromado, 10% de ácido bórico y 10% de sulfato de amonio			- La retención 1 ½ - 3lb/pe <sup>3</sup> (24.03-48.06kg/m <sup>3</sup> ) proporciona protección contra el deterioro y el ataque de insectos y tiene buenas características como retardador de la combustión	
Arsenato de cobre amoniacal (Quimonita)	49.8% de óxido de cobre, 50.2% de pentóxido de arsénico, 1.7% de ácido acético; se permite las siguientes sustituciones: hidróxido de cobre de óxido de cobre, y trióxido de arsénico por pentóxido de arsénico.			- Buena protección contra deterioro y ataque de termitas; protección contra ambientes marinos, cuando los barrenadores tipo <i>pholand</i> no están presentes	- La madera puede estar en contacto con el suelo o agua, pero el grado de impregnación y la alta retención de los conservadores depende del uso final de la madera

Fuente: Hornbostel, 1999:554.

**Tabla 5: Parte 3, Preservantes para madera contra efectos de agua**

<b>Tipo de preservante</b>	<b>Composición</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Arsenato de zinc cromado	20% de ácido arsénico, 21% de arsenato de sodio, 10% de bicromato de sodio y 43% de sulfato de zinc	-Buena protección contra deterioro y termitas se puede pintar -Olor no objetable	La madera puede estar en contacto con el suelo, pero no con el agua
Flúor cromo Arsenato fenólico (Salas de Wolman, Osmosalts)	22% de fluoruro 37% de trióxido de cromo, 25% de pentóxido de arsénico y 10% de binitrofenol; se permiten las siguientes sustituciones: pentaclorofenato de sodio por binitrofenol; fluoruro de sodio o potasio por fluoruro; cromato de bicromato de sodio por trióxido de cromo y arsenato de sodio por pentóxido de arsénico	-Buenas protección contra deterioro, hongos e insectos en construcción de madera sobre el nivel del terreno y protección moderada cuando está en contacto con el suelo	-La madera no se puede usar en contacto con el suelo o el agua, cuando se requiere buena protección para esas condiciones

Fuente: Hornbostel, 1999:554.

4.2.2. Preservantes oleo-solubles o solubles en solventes orgánicos (LOSP -Light Organic Solvent Preservative): Son estables y resisten la lixiviación en madera expuesta a la intemperie ; no se recomienda utilizar pinturas o barnices en maderas tratadas con estos preservadores. Se conocen varios tipos de estos preservantes:

Una ventaja de estos preservantes es que la madera no se hincha al aplicarlos, pero puede reducir su tamaño si se pierde la humedad durante el proceso de tratamiento. Creosota y soluciones más pesadas, los aceites de petróleo menos volátil a menudo ayudan a proteger la madera de la intemperie, pero pueden influir negativamente en su limpieza, olor, color, acabado, y resistencia al fuego. El tratamiento con preservantes oleaginosos a veces migran a clavos o al subsuelo y la decolora el suelo adyacente. (United States Department of Agriculture, 1987)

4.2.2.1. Creosota: La creosota es una mezcla de sustancias químicas que se usan para describir un grupo de productos: creosota de alquitrán de hulla, creosota de madera, y creosota de brea o petróleo. Estos productos, desde el punto de vista de su composición, se trata de mezclas de unos 200 compuestos químicos, la mayoría de los cuales derivados de hidrocarburos aromáticos, obtenida al calentar carbón (creosota de alquitrán de hulla) o madera (creosota de madera) o de la resina del arbusto de creosota, a temperaturas muy altas. (CTT, 2007) (Olmedo C., 2007)

La preservación de la madera con creosota, debe cumplir con los requisitos de las normas técnicas; por ser una mezcla de compuestos que puede variar en cierta extensión. (RITL, 2010)

Cuando la creosota está recién obtenida es un aceite amarillo claro, con tinte verdoso, pero cambia rápidamente a un color marrón oscuro por oxidación en contacto con el aire. El olor de alquitran generalmente se debe a la presencia del naftaleno predominante. Son muy inflamables, formándose por combustión humos tóxicos. En grandes cantidades, la creosota es sumamente tóxica. La creosota es completamente soluble en cloroformo, tetracloruro de carbono, éter y alcohol absoluto. (Olmedo C., 2007)

La creosota no es conductora de la electricidad y reduce la corrosión y el desgaste mecánico por lubricación, pero la madera tratada no puede ser trabajada con facilidad. No se le recomienda para las aplicaciones donde haya contacto humano, como es el caso de barandas, sillas, bancos y otros, debido a los problemas de exudación que afectarían la salud produciendo alergias o irritaciones de la piel. Este preservante se viene usando con todo éxito en postes, durmientes, pilotes y muelles. (RITL, 2010)

La creosota es un producto de la destilación de carbón bituminoso, consistente en una mezcla de más de cuarenta importantes compuestos tóxicos a hongos e insectos. Su aplicación por lo general es por medio de método a base de presión. Desventajas para ciertos usos con el hecho de que la superficie de la madera queda muy sucia, imposibilitando su pintado y el mal olor que despide. Por lo que la creosota es un preservativo no es apto en apariencia y cavados. (Fernandez, F.; P. Echenique, 1986:130) (United States Department of Agriculture, 1987)

4.2.2.1.1. La creosota de alquitrán de hulla: La creosota de alquitrán de hulla, un aceite de color negro o marrón hecho de la destilación de alquitrán de hulla, es uno de los conservantes de la madera más importantes y útil. Sus ventajas son: (1) Alta toxicidad de los otros organismos destructores de la madera, (2) relativamente insoluble en agua y baja volatilidad, que confieren a un alto grado de permanece bajo las condiciones de uso más variadas, (3) la facilidad de Aplicaciones; (4) la facilidad con la que su profundidad de penetración se puede determinar (5) la disponibilidad general y relativo bajo costo (si se compran en cantidades al por mayor), y (6) largo historial de uso satisfactorio. (United States Department of Agriculture, 1987)

La creosota obtenida por destilación destructiva de hulla bituminosa, más pesada que el agua, constituido principalmente por hidrocarburos, ácidos y bases orgánicas, de aspecto

aceitoso y líquido entre 18 y 20°C. El carácter del alquitrán utilizado, el método de destilación, y el rango de temperatura en el que las fracciones de la creosota se colectan, todas estas características influyen en la composición de la creosota. Por lo tanto, la composición de los diversas creosotas de alquitrán-hulla disponibles puede variar en gran medida. Las pequeñas diferencias en la composición, sin embargo, no impiden que las creosotas de alquitrán proporcionen resultados satisfactorios en la prevención de la descomposición. (RITL, 2010) (United States Department of Agriculture, 1987)

El olor de la madera tratada con creosota es desagradable para algunas personas. Además, los vapores de creosota son perjudiciales para el cultivo de plantas y productos alimenticios que son sensibles a los olores. Se debe trabajar con precaución para evitar el contacto directo con la creosota, debido a que puede quemar la piel de la cara y las manos. (United States Department of Agriculture, 1987)

La creosota líquida utilizada en la preservación de maderas es una creosota modificada por la extracción de los productos cristalizables a temperatura ambiente como antraceno, fenantreno, naftaleno y fluoreno. El aceite de antraceno o carbolíneo es menos volátil y menos tóxico que la creosota ordinaria lo que hace indispensable su aplicación en mayor cantidad. (RITL, 2010)

Se puede realizar con la creosota soluciones con petróleo o derivados de éste, también se puede reforzar la solución con pentaclorofenol o naftenato de cobre. (RITL, 2010)

4.2.2.1.2. Creosota Solución: El alquitrán de hulla o el petróleo se ha mezclado con creosota de alquitrán de hulla, en diversas proporciones, para reducir los costos del preservante. Según las especificaciones Federal TT-C-650, la solución de creosota de alquitrán de hulla abarca cinco clases de soluciones de creosota de alquitrán de hulla. Clase I contiene no menos de 80 por ciento de destilado de alquitrán de hulla (creosota) por volumen, o de clase II, el 70 por ciento, de clase III, el 60 por ciento; clase IV, el 50 por ciento, y la clase V no menos de 60 ni más del 75 por ciento de carbón de hulla destilado. Las clases I y II son para las pilas de la tierra y de agua dulce, postes, palos, madera estructural, y los lazos puente. Clase III y IV son para varas y bigas. Clase V es para las pilas, madera y estructura de madera utilizados en las aguas costeras. (United States Department of Agriculture, 1987)

Las soluciones de creosota de alquitrán de hulla, en comparación con la creosota común, tienden a reducir la erosión y la comprobación de la madera tratada, Las soluciones

pueden tener una mayor tendencia a acumularse en la superficie de la madera tratada y puede penetrar en la madera con mayor dificultad, debido a que generalmente son más viscosos que la creosota común. Las altas temperaturas y presiones durante el tratamiento, cuando se pueden usar con seguridad, a menudo mejoran la penetración de soluciones de alta viscosidad. (United States Department of Agriculture, 1987)

Aunque el aceite de petróleo y alquitrán son menos tóxicos para los organismos destructores de la madera que la creosota común, y sus mezclas con creosota también son menos tóxicos en las pruebas de laboratorio, una reducción de la toxicidad no implica una menor protección conservante. Las soluciones de creosota de petróleo y soluciones de creosota de alquitrán de hulla ayudan a reducir el chequeo y el desgaste de la madera tratada. Con frecuencia la madera tratada con las formulaciones de estas soluciones han demostrado un mejor servicio que los tratados de manera similar con creosota de alquitrán de hulla común. (United States Department of Agriculture, 1987)

4.2.2.1.3. Otras creosotas: Creosotas destiladas de alquitranes u otros distintos del alquitrán de carbón se utilizan en cierta medida de conservación de la madera, a pesar de que no se incluyen en las especificaciones actuales Federal o AWP (American Wood Protection Association). Estos incluyen creosota de alquitrán-madera, creosota de aceite-alquitrán y creosota de agua-gas-alquitrán. Estas creosotas protegen la madera de la descomposición y al ataque de insectos, pero son generalmente menos eficaces que la creosota de alquitrán de hulla. (United States Department of Agriculture, 1987)

4.2.2.1.4. Alquitrán: Alquitranes de hulla rara vez se utilizan solo para la preservación de madera, ya que una buena penetración suele ser difícil de obtener y porque son menos eficaces contra los hongos destructores de la madera que la creosota de alquitrán de hulla. El alquitrán de hulla se ha utilizado en el tratamiento de la presión, pero ha sido difícil conseguir que el alquitrán de alta viscosidad penetre en la madera de manera satisfactoria. Cuando la absorción y penetraciones se obtienen, sin embargo, es razonable esperar un grado satisfactorio de eficacia del tratamiento con alquitrán de hulla. El alquitrán ha sido particularmente eficaz en la reducción de la comprobación de traviesas en servicio. (United States Department of Agriculture, 1987)

Agua-gas-hulla se utiliza menos extensamente que el alquitrán de hulla, pero en ciertos casos donde se impregna la madera a fondo, los resultados fueron buenos. En general, se puede mencionar algunas desventajas y ventajas de la creosota:

#### Ventajas:

- ✓ Impide la acción de organismos que naturalmente se alimentan de madera (xilófagos) y producen su desintegración en forma acelerada, tales como termitas, hongos, insectos lo que puede llevar a un colapso imprevisto de la estructura.
- ✓ Buenas cualidades biocidas para los agentes causantes del deterioro de la madera
- ✓ Debido a su carácter oleoso no penetra en la tierra impidiendo la contaminación de las napas acuíferos. En caso de exudar (lo cual ocurre únicamente si después del tratamiento no se lo deja orear el tiempo indicado) no se extiende más de 50 milímetros del contorno del poste o estaca.
- ✓ Resistente a la lixiviación.
- ✓ Aísla la madera del efecto de radiación UV y del viento, dos factores que degradan las fibras más externas y facilitan la penetración de microorganismos que se alimentan de celulosa, provocando la descomposición de la madera que sirve a la intemperie.
- ✓ Permite alcanzar altos grados de penetración y retención en la madera, dando una vida útil de la madera de 30 a 50 años, siempre y cuando la cantidad de químico retenida por m<sup>3</sup> de madera que sea especificada (118 y 200kg de químico por m<sup>3</sup> de madera tratada)
- ✓ Presenta bajos grados de corrosión de los metales en contacto con la madera, clavos, tornillos, alambres, etc.

#### Desventajas:

- ✓ Genera una barrera aceitosa impermeable, con lo cual impide la absorción y desorción del agua desde y hacia el medioambiente, causando permanentes cambios dimensionales de las piezas, aumenta el agrietamiento, y algunas veces ocasiona el desprendimiento de las fijaciones.
- ✓ Los componentes de la creosota que no se disuelven en agua permanecerán en el mismo lugar en forma de una masa similar a alquitrán. Debido a su degradación lenta, estos compuestos pueden permanecer en el agua durante muchos años.
- ✓ Puede ser perjudicial para la salud pública, cuando se está en contacto con ella, ya sea directamente por inhalación de vapores, por contacto directo con la piel o bien sea ingiriendo alimentos o agua contaminados por la misma.
- ✓ La exposición prolongada a bajos niveles de creosota, especialmente el contacto directo con la piel durante el tratamiento de madera o la manufactura de productos tratados con creosota de alquitrán de hulla, ha producido cáncer de la piel y del escroto.

4.2.2.2. Naftenatos de cobre: Es una sustancia proveniente de la combinación de ácidos nafténicos obtenidos como subproducto de la refinación del petróleo y sales de elementos metálicos como cobre, zinc, hierro y mercurio. El naftenato es oleosoluble, de apariencia serosa, color verde oscuro y está caracterizado por tener acción eficaz contra hongos e insectos. Posee buena estabilidad química baja volatilidad y es prácticamente insoluble en agua. Al contrario del pentaclorofenol, no irrita ni las mucosas ni la piel no es tóxico para las plantas por lo que puede ser usado en la preservación de maderas que serán utilizadas en la confección de embases para semillas y jardinerías. (López R., 2001)

Los naftenatos son compuestos cerosos o gomosos, no cristalinos y solubles en aceite. Son aplicables con brocha, por aspersion o por inmersión. El naftenato de cobre es el más generalizado en la preservación de la madera. Es de color verde oscuro y de olor ligeramente desagradable pero no es irritante para la piel. Es de gran toxicidad para los hongos, posee buena estabilidad química y por su naturaleza gomosa se vende en forma de concentrados de cobre metálico que se encuentra de 6 a 8%. (RITL, 2010)

Para las aplicaciones en la madera se preparan 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. En algunos casos se emplea igualmente el naftenato de zinc que es casi incoloro, pero menos tóxico; también se han experimentado los naftenatos de mercurio y hierro, pero estos no han resultado eficaces para el tratamiento de la madera. (RITL, 2010)

4.2.2.3. Pentaclorofenol: Es un compuesto químico cristalino formado por reacción del cloro sobre el fenol, forma de polvo verde-grisáceo. De todos los fenoles clorados, el penta, como se conoce al pentaclorofenol es el más tóxico y hasta ahora, el más empleado dentro de los preservantes orgánicos oleosolubles, siendo soluble en aceites. Se puede utilizar aceites ligeros claros, con los que se obtienen buenas apariencia de la madera tratada que, además puede pintarse. Su aplicación puede ser por inmersión aspersion o a base de métodos a presión. (Fernandez, F.; P. Echenique, 1986:103) (RITL, 2010)

El pentaclorofenol ha resultado muy eficaz contra los hongos e insectos xilófagos, pero ineficaz contra los perforadores marinos. Para su empleo como preservador de la madera se disuelve en aceite y se aplica en forma de solución que puede ser de dos tipos : lista para usar y concentrada. (RITL, 2010)

Las soluciones de aplicación inmediata contienen el producto químico activo al 5% de concentración en peso, mientras que los concentrados deben diluirse de acuerdo a las instrucciones del fabricante. El pentaclorofenol, como sustancia química, es un producto seco, escamoso o granulado, de color pardusco e insoluble en agua. Como grado técnico no debe contener menos de 95% de fenoles clorados determinados por titulación del grupo hidroxilo (OH) y calculado como pentaclorofenol. (RITL, 2010)

Su punto de solidificación es de 174°C como mínimo y la máxima cantidad de insolubles en álcali es de 1%. El pentaclorofenol puro no se descompone por calentamiento prolongado aun cuando las temperaturas sean cercanas a la de ebullición (239°C); tampoco pierde con facilidad su cloro por procesos de descomposición molecular, es relativamente inerte y no sufre las reacciones de reunión o sustitución a las que si están expuestos los otros fenoles clorados como el di, tri o tetraclorofenol. Es ligeramente ácido y reacciona con los álcalis fuertes de sodio y potasio para formar sales solubles en agua que se usan para combatir la mancha azul de la madera. (RITL, 2010)

Puede ser descompuesto por los agentes oxidantes fuertes, como el ácido nítrico con el que forma el tetracloro-quinona o cloramil. Para efectuar las mezclas con el petróleo o sus derivados, la AWWA (American Wood Protection Association) establece en sus normas técnicas los pasos a seguir mediante tablas especiales y factores de corrección para los aceites y temperaturas utilizadas, expresando sus valores en libras por galón, facilitando así la preparación de soluciones a distintas concentraciones. (RITL, 2010)

El pentaclorofenol es irritante para la piel y las mucosas, por lo que las personas que intervienen en la fabricación o aplicación deben adoptar precauciones para evitar el contacto directo. Cada vez que la piel entre en contacto con elv penta o sus soluciones, es necesario lavar con abundante agua y jabón. Si se aspiran los vapores de las soluciones de tratamiento, se debe provocar el vómito mediante el uso de eméticos. (RITL, 2010)

Entre las principales características del penta como producto preservante, destaca su baja volatilidad y su gran estabilidad química; sin embargo en algunos países está clasificado como aceite cancerígeno por lo que está desapareciendo como producto preservante de madera. (RITL, 2010)

4.2.2.4. **Quinolinolato 8 de Cobre:** Es un producto ligeramente amarillento, no cristalino, que se disuelve bien en solventes ligeros, volatiliza a los 300°C. Es un preservante con ato poder fungicida e insecticida, debido a su excepcional fijación dentro

de la madera. La acción de estos preservantes está estrechamente relacionada con la celulosa, lo que permite un control muy eficiente de la pudrición parda y blanda. Tiene mayor poder tóxico que el pentaclorofenol siendo aceptado que a concentración de 0.5% equivale a un 5% de concentración de pentaclorofenol. Por su alta fijación en la madera, son especialmente aptos para maderas utilizadas en construcciones navales. En maderas en contacto con el suelo tratadas con este producto, pueden ocurrir pérdidas del mismo en suelos de pH ácido. (López R., 2001) (RITL, 2010)

Este producto se formula conjuntamente con repelentes de agua para dar a la madera, además de la protección contra los hongos de pudrición, la máxima estabilidad dimensional; por lo tanto, reduce los cambios de dimensión por efectos de la humedad. No es irritante para la piel y por su buena fijación en la madera, se le recomienda para los casos en que ésta debe estar en contacto íntimo con productos alimenticios, como son los estantes de cocina, alacenas, embalajes de frutas, etc.. (RITL, 2010)

4.2.2.5. Óxido de tri-n-butyl estañoso u óxido tributyl estañoso: Es un compuesto de alto poder fungicida e insecticida que se fija muy bien en la madera tratada. Es inodoro, incoloro e insoluble en agua, pero muy soluble en la mayoría de los solventes orgánicos. (RITL, 2010)

Este preservante tiene una afinidad natural por los materiales celulósicos, por lo que controla muy bien los hongos que producen la pudrición parda de la madera. Para control de la pudrición blanca es preciso reforzarlo con pentaclorofenol ya que no se fija en la lignina. (RITL, 2010)

El producto puro puede producir quemaduras o irritaciones en la piel, pero no es acumulable en el organismo siendo eliminado con facilidad por vía urinaria.

Se puede aplicar con brocha, por aspersion o por inmersión. Sin embargo, por tratarse de un producto relativamente nuevo, su uso está todavía restringido, aunque se le considera de gran futuro para el control de los perforadores marinos ya que no es fácilmente lixiviable. (RITL, 2010)

**Tabla 6: Preservantes tipo aceite para madera**

Tipo de preservante	Composición	Ventajas	Desventajas
Creosota de alquitrán de hulla	Aceite negro o parduzco hecho mediante destilación de alquitrán de hulla		
Creosota de alquitrán de hulla sin cristales	Creosota de alquitrán de hulla de la cual se han eliminado algunas materias formadoras de cristales	Alta toxicidad para los organismos destructores de la madera	Color café oscuro No se puede pintar
Aceites antracénicos	Destilados de alquitrán de hulla de densidad específica y niveles de ebullición mayores que la creosota de alquitrán de hulla	Insolubilidad en agua Baja volatilidad Permanencia y profundidad de penetración determinables	Fuerte olor desagradable Arde fácilmente cuando se aplica por primera vez
Creosota derivadas de madera, aceites y gas de agua	Creosota destiladas de madera, aceite y gas de agua		
Soluciones de creosota	Mezcla de alquitrán de hulla o aceites de petróleo y de 50 a 80% por volumen, de creosota de alquitrán de hulla		
Pentaclorofenol	Mezcla de aceites de petróleo y 5% de pentaclorofenol, así como 2% de éste en creosota	Alta protección contra hongos y termitas que carcomen la madera Se puede pintar No tiene olor desagradable	Puede alterar el color si se usan aceites de petróleo oscuro Proporciona menor protección contra los barrenadores marinos
Naftalenato de cobre	Mezcla de aceites de petróleo y 0.3-0.5% de cobre metálico equivalente (5-30% de naftaleno de cobre)	Arde con menor facilidad que la creosotas de alquitran de hulla (el riesgo de combustión se compara al de la madera no tratada en que se han usado disolventes volátiles y que se han dejado evaporar	Da a la madera un color verdoso u oscuro y proporciona menor protección que la creosota contra barrenadores marinos
Conservadores repeletes al agua	Extractos minerales y un máximo de 10-25% de materia no volátil incluyendo conservadores; éstos no deben ser menos de 5% de pentaclorofenol naftaleno de cobre varía de 1 a 2 %	Retarda los cambios de humedad en la madera Buena protección contra deterioro e insectos	No se puede usar en contacto con el suelo o áreas de donde puede haber humedad continua, a menos de que los conservadores se apliquen en exceso (escaso valor de repelencia al agua)

Fuente: Hornbostel, 1999: 553.

En general, se refieren a las normas de la American Wood Association de información adicional y la Especificación Federal TT-W-571i, recomienda la retención mínima neta para tipos diferentes de tratamientos de conservación de madera (Tabla.33.6 y 33.7). (Gurfinker, G.; 1981:114)

**Tabla 7: Parte 1, Retención mínima neta para tratamientos preservantes**

Material y uso	Creosota	Creosota de alquitrán de hulla	Creosota de petróleo	Pentaclorofenol	Cromato ácido de cobre ACC	Arseniato de cobre amoniacoal ACA	Arseniato de cobre cromado CCA	Cloruro de zinc cromado (CZC)	Flúor como fenol arseniato (FCAP)	Estandares A WPA
Retención por prueba de madera tratada – lbs/cu. Ft										
Tablas y vigas										
Por encima del suelo	9	9	9	0.40	0.25	0.25	0.25	0.45	0.25	C2
Contacto con el suelo										
No estructurales	9	9	9	0.50	0.50	0.40	0.40	NR	NR	C2
Estructurales	9	9	9	0.60	NR	0.60	0.60	NR	NR	C14
En agua salada	25	25	NR	NR	NR	2.5	2.5	NR	NR	C14
Pilas										
Tierra o agua fresca utilizada y cimientos	12	12	12	0.6	NR	0.80	0.80	NR	NR	C3
Agua salada										
Peligro Moderado de perforación – <i>pholads</i>	20	20	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	C18
Grave peligro de perforación – <i>limnoria tripunctata</i>	NT	NT	NT	NT	NT	2.5 and 1.5	2.5 and 1.5	NR	NR	C18
Para ambos, <i>pholads</i> y <i>tripucata</i> <i>limnoria</i> se utiliza un tratamiento doble										
* Primer tratamiento	–	–	–	–	–	1.0	1.0	–	–	C18
* Segundo tratamiento	20	20	–	–	–	–	–	–	–	C18

\*Los Estándares A WPA CI aplica a cada uno de los procesos de tratamiento y todo tipo de material.

\*\*NR – No Recomendados

Fuente: Gurfinker, G.; 1981:115-116.

Tabla 8: Parte 2, Retención mínima neta para tratamientos preservantes

Material y uso	Creosota	Creosota de alquitrán de hulla	Creosota de petróleo	Pentaclorofenol	Cromato ácido de cobre ACC	Arseniato de cobre amoniacoal ACA	Arseniato de cobre cromado CCA	Cloruro de zinc cromado (CZC)	Flúor como fenol arseniato (FCAP)	Estándares AWWA
	Retención por prueba de madera tratada – lbs/cu. Ft									
Palos										
Utilidad Normal	7.5	7.5	7.5	0.38	NR	0.60	0.60	NR	NR	C4
Severas condiciones de servicio (alta incidencia de descomposición y ataque de termitas)	9.0	9.0	9.0	0.45	NR	0.60	0.60	NR	NR	C4
Palos construidos – estructural	9.0	NR	NR	0.45	NR	0.60	0.60	NR	NR	C23
Postes										
Cercas, señales y guías										
Circular, mitad circular y cuarto circular	8	8	8	0.40	0.50	0.40	0.40	NR	NR	C14
Acerrada cuatro lados	10	10	10	0.50	0.62	0.50	0.50	NR	NR	C14
Barandas y señales (incluyendo espacios de separación)										
Redondo	10	10	10	0.50	NR	0.50	0.50	NR	NR	C14
Aserrado cuatro lados	12	12	12	0.60	NR	0.60	0.60	NR	NR	C14

\*Los Estándares AWWA CI aplica a cada uno de los procesos de tratamiento y todo tipo de material.

\*\*NR – No Recomendados

Fuente: Gurfinker, G.; 1981:115-116.

## 5. IMPREGNACIÓN DE MADERA CON CCA (Cobre Cromo Arsénico)

Uno de los procesos de impregnación más utilizados es denominado “vacío-presión”, el cual se realiza en autoclaves. Este método es una modificación del proceso originalmente patentado por Bethell, conocido por “tratamiento a célula llena”, en el cual los lúmenes celulares se llenan totalmente con la solución preservante.

El preservante comúnmente utilizado en nuestro medio es el CCA (siglas correspondientes a los elementos químicos de los óxidos que la componen: Cromo, Cobre y Arsénico), que ha desplazado a otros productos como el pentaclorofenol y la creosota. Cada componente del CCA tiene una función específica, el cobre tiene una acción fungicida y bactericida, el arsénico actúa como insecticida, mientras que el cromo actúa como fijador del preservante. Para la formulación del CCA se utilizan óxido de cobre (CuO), óxido de cromo hexavalente (CrO<sub>3</sub>) y óxido de arsénico (As<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). (Producción + Limpia, 2008)

El proceso completo de impregnación se puede dividir en las siguientes etapas:

- 1 - Preparación de la madera redonda o escuadrada (dimensionamiento, secado, maquinado inicial, colocación de conectores etc.). Puede hacerse en el monte, en la planta de tratamiento o comprarse preparada.
- 2 - Preparación de la solución de impregnación.
- 3 - Impregnación (etapas de vacío y presión).
- 4 - Fijación del producto en la madera o “curado”.
- 5 - Maquinación post-tratamiento (eventual).

Una vez planteado a grandes rasgos lo que es el proceso de impregnación se presenta un listado del equipo e infraestructura comúnmente utilizados, así como una descripción de la preparación de la solución y del proceso de impregnación. (Producción + Limpia, 2008)

### 5.1. Equipo e infraestructura

Una planta de impregnación de madera que utiliza en proceso de “vacío-presión” requiere los siguientes componentes básicos (Producción + Limpia, 2008):

- Una autoclave diseñado para soportar un vacío de -700mmHg y una presión de 12Kg/cm<sup>2</sup>
- Un sistema de rieles y vagonetas para la carga y descarga de la madera
- Una bomba de vacío y una bomba de presión
- Un tablero de comandos
- Un tanque para la preparación de la solución de impregnación
- Un tanque para el depósito de la solución de impregnación
- Un patio de goteo
- Un patio de fijación o curado
- Piletas de contención de derrames

## 5.2. Preparación de la solución

El CCA es normalmente adquirido por las plantas de preservantes en forma de solución concentrada al 60%, envasado en tambores que pueden ser plásticos o metálicos.

La concentración de la solución de trabajo depende fundamentalmente del tipo de madera a tratar y en general oscila entre 1 y 2 %. La solución de trabajo se prepara trasvasando el concentrado a un tanque y diluyéndolo con agua hasta alcanzar la concentración deseada. La concentración se mide utilizando densímetros. (Producción + Limpia, 2008)

En la mayoría de las plantas de impregnación se utiliza un tanque de trabajo del cual se bombea la solución para el llenado del autoclave y retorna al tanque una vez completado el proceso. Este tanque esta graduado y puede determinarse en cualquier momento la cantidad de preservante que contiene. (Producción + Limpia, 2008)

## 5.3. Proceso de impregnación

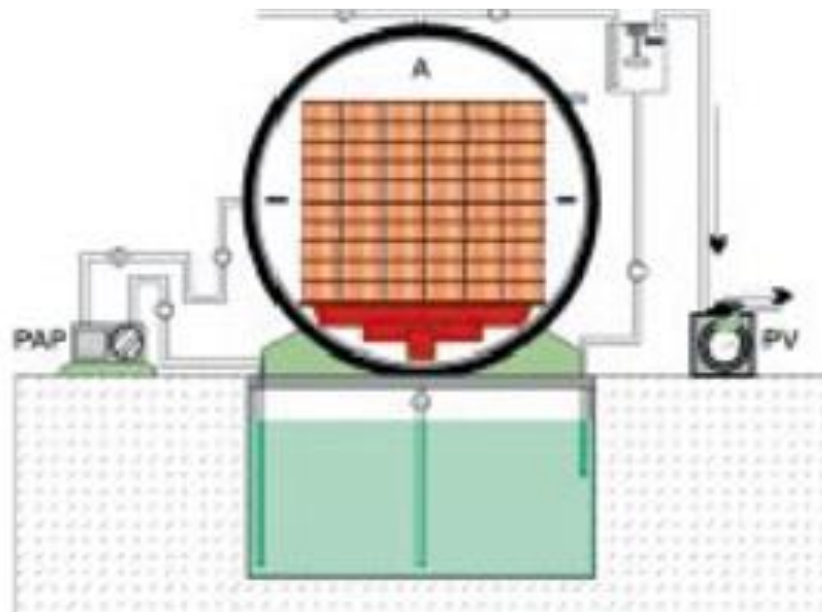
A continuación se describen las distintas etapas involucradas en el proceso de impregnación de la madera incluyendo las etapas de fijación y maquinación post-tratamiento. (Producción + Limpia, 2008)

**5.3.1. Carga de la autoclave.** Consiste en la introducción de la carga de madera en el autoclave y cerrando herméticamente la puerta. Para la introducción de la carga

se utilizan vagonetas montadas sobre rieles, estas especialmente diseñadas de acuerdo al tipo de madera. En forma previa se realiza la estimación del volumen de madera correspondiente a cada carga.

**5.3.2. Vacío inicial.** Consiste en la aplicación de una depresión o vacío de al menos 600 mm Hg utilizando la bomba de vacío, por períodos de tiempo que suelen estar en el rango de los 20 a 30 minutos. La depresión que se logra en el interior de la madera es lo que permite la posterior penetración de la solución preservante.

**Figura 1: Disposición del sistema al momento del vacío**

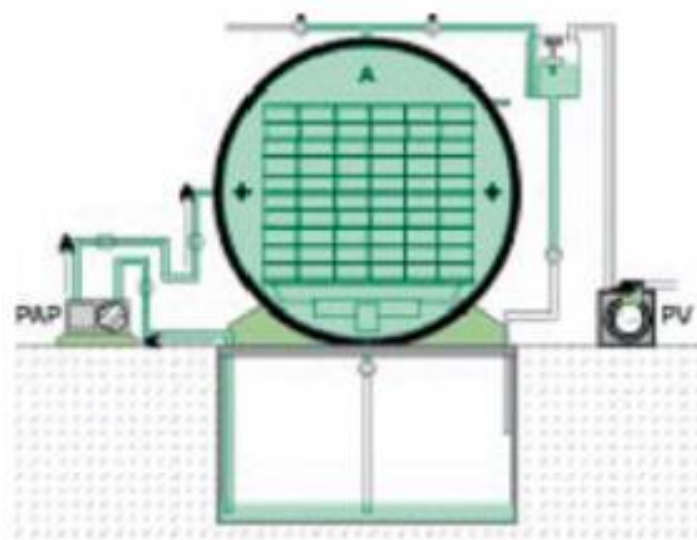


Fuente: Producción + Limpia, 2008.

**5.3.3. Llenado y presión.** Por medio de la propia depresión generada en la etapa anterior, la solución de impregnación es canalizada desde el tanque de depósito al interior de la autoclave. La autoclave debe disponer de controles de nivel a efectos de detectar el llenado.

Posteriormente se procede a la aplicación de presión y a la inyección de solución, mediante el bombeo con la correspondiente bomba. Generalmente la bomba de presión funciona en el rango de los 10 a 12 kg/cm<sup>2</sup>, por períodos de 30 a 180 minutos. La presión aplicada permite lograr una mayor eficacia en la difusión de la solución al interior de la madera.

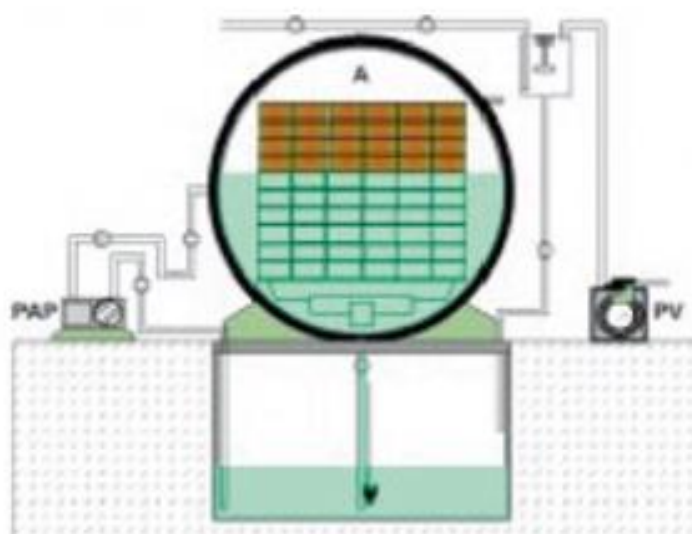
**Figura 2: Disposición del sistema al momento del llenado y aplicación de presión**



Fuente: Producción + Limpia, 2008.

5.3.4. **Descarga de la solución.** Cuando se considera finalizada la adsorción se procede a la descarga de la solución de impregnación hacia el tanque de depósito, haciendo uso de una válvula de descarga ubicada en el fondo de la autoclave. Por diferencia de niveles en el tanque de depósito se calcula el volumen de solución adsorbida por la carga de madera. La solución remanente es posteriormente utilizada en un nuevo ciclo. Esta práctica de funcionamiento en ciclo cerrado previene la contaminación ambiental y resulta económicamente rentable.

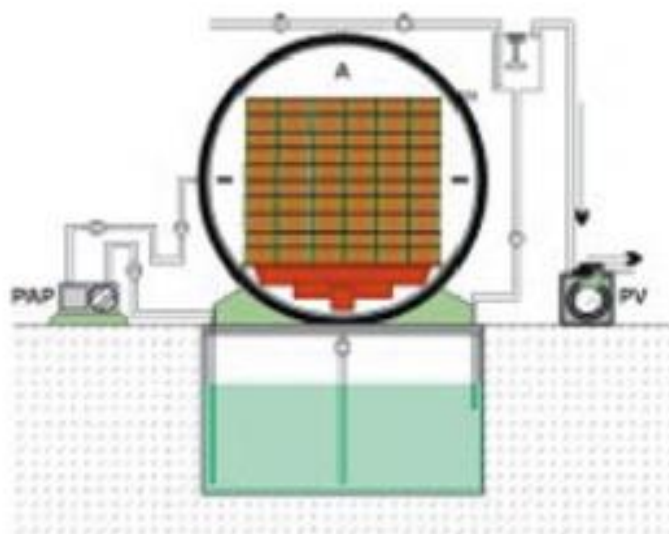
**Figura 3: Disposición del sistema al momento del drenado de la solución**



Fuente: Producción + Limpia, 2008.

**5.3.5. Vacío final.** Una vez descargada la solución se procede a la aplicación de vacío de 600 mm Hg durante 20-40 minutos, lo que permite eliminar los restos de solución remanentes sobre la superficie de la madera. Posteriormente se equilibran las presiones, se evacua el resto de solución y se procede a la apertura de la puerta. La porción de solución que es eliminada en esta etapa es conocida como “rechazo” y su volumen se descuenta del inicialmente adsorbido para la estimación de la cantidad de preservante retenido.

**Figura 4: Disposición del sistema al momento del vacío final**



Fuente: Producción + Limpia, 2008.

**5.3.6. Descarga del autoclave.** Una vez finalizado el proceso la vagoneta es retirada de la autoclave utilizando medios mecánicos.

Si bien la etapa de vacío final reduce significativamente la presencia de solución remanente sobre la superficie de la madera, siempre existe un goteo proveniente de la propia madera y de la solución retenida en la estructura de las vagonetas. Por esta razón los rieles por donde circulan las vagonetas deben ser colocados sobre superficies diseñadas de forma de captar dichos goteos (patios de goteo).

**5.3.7. Curado.** Una vez finalizado el goteo, la madera debe ser apilada por un lapso de tiempo tal que asegure la fijación de los productos químicos que aún no han reaccionado, proceso que se denomina curado de la madera.

5.3.8. **Maquinado de la madera.** Algunas empresas que se dedican a la impregnación incluyen dentro de su proceso productivo una serie de etapas de maquinado de la madera, que incluye entre otros la remoción de nudos, recortes, moldurado y cepillado. Generalmente estos procesos se realizan en forma previa a la impregnación, pero existen casos en que las tablas tratadas son posteriormente cepilladas, ya que esta operación mejora su aspecto.

## 6. IMPREGNACIÓN DE MADERA CON BORATOS

Los boratos, compuestos químicos que contienen Boro (B) y Oxígeno (O). Se producen cerca de 14 tipos diferentes de preservantes a base de Boro. Entre ellos están Octoborato de Sodio Tetrahidratado, Tribromofetato de Sodio, Sodiometataborato decahidratado, 2,4,6-Tribromofenato de Sodio, el Ácido Bórico y el Borax. Los dos más utilizados mundialmente como sales hidrosolubles no fijadas para preservar la madera son el Ácido Bórico ( $H_3BO_3$ ) y Borax ( $B_4Na_2O_7$ ). (AITIN, 2010)

Los boratos se han registrado como sustancias preservadoras de madera en la Agencia de Protección de Medioambiente para su utilización como preservantes en madera verde. Protegen la madera contra todas las termitas de madera seca y contra las termitas subterráneas que dependen de protozoos para digerir celulosa. Cuando el contenido de humedad de una madera es mayor que el punto de saturación, pierden efectividad contra hongos y mohos decoloradores de la madera. (AITIN, 2010)

Los preservantes basados en boratos pueden ser utilizados para tratar la madera sólida, compuestos de madera y otros materiales de construcción como clavos, madera y las vigas. Los boratos evitan hongos y son mortales para las termitas, hormigas carpinteras y las cucarachas; son relativamente seguros para personas, animales domésticos y el medio ambiente. Los boratos son generalmente no tóxicos y se consideran como lo más seguros de las alternativas de tratamiento de madera disponibles; sin embargo, cuenta con algunas restricciones. Son solubles en agua, por lo que su utilidad en exteriores es limitada; no son adecuados para preservar madera que estará en contacto con el suelo o expuestas a condiciones climáticas diversas, para evitar la lixiviación. (Lafuente, G.; 2008)

Debido al contenido de boro que poseen estos preservantes, los boratos gozan de determinadas propiedades físicas como la alta resistencia a alta temperatura, baja densidad, extrema dureza, alto punto de fusión y notable fuerza tensora. Dichas propiedades físicas proporcionan al preservante características extra de desempeño, es decir, actuar no únicamente como preservante sino también como reductor de inflamabilidad, aislante y retardador del fuego. (INKABOR, 2011)

Según industrias dedicadas a la fabricación y comercialización de productos boratos, en la actualidad las ventas de Ácido Bórico corresponden a un 70% de las ventas totales y dentro del mercado de Ácido Bórico es el tercer productor a nivel mundial. (Lafuente, G.; 2008)

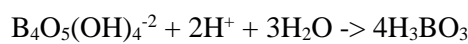
Las aplicaciones más desarrolladas de los sistemas a base de boro son para tratamientos de remedio en madera. Utilizando preservantes con boratos fundidos, soluciones de glicol conteniendo boratos y vendajes para postes. En fabricación de tableros se han incorporado boratos de zinc para la protección contra la biodegradación. Los boratos tienen características favorables al medioambiente, teniendo como desventaja la facilidad al lavado (lixiviación). Actualmente se ha reducido este problema al adicionarle al preservante repelentes al agua y sistemas con polímeros.

## 6.1. Boratos para preservar madera

Los boratos recomendados en esta guía para preservar la madera verde son dos:

- ✓ Ácido bórico (fórmula química  $H_3BO_3$ ).
- ✓ Bórax decahidratado (fórmula química  $Na_2B_4O_7 \cdot 10 H_2O$ ).

**6.1.1. Ácido Bórico.** El ácido bórico fue preparado por vez primera en 1702, por el químico holandés W. Homberg (1652-1715) al calentar una disolución de bórax con ácido sulfúrico, según el proceso: (Universidad de Valladolid, 2011)



Homberg lo denominó "sal sedativum", aunque posteriormente sería llamado ácido borácico y luego ácido bórico. En Farmacia se conocía como "sal de Homberg" y se usaba como sedante y como antiséptico para el tratamiento de afecciones leves de garganta, nariz y ojos. También se ha venido empleando como conservante de alimentos, pero, al presentar algunos problemas para la salud, se ha prohibido su uso. Actualmente se usa como preservante en madera. (Universidad de Valladolid, 2011)

Otro nombre común para el ácido bórico es ácido ortobórico o ácido trioxobórico (III). Compuesto químico ligeramente ácido (ácido débil), soluble en agua. Su fórmula química es  $H_3BO_3$ . La forma mineral de este compuesto se denomina sassolita. Se encuentra en forma cristalina, polvo o granulado. (EcuRed, 2011)

El ácido bórico se encuentre en las solfataras volcánicas es su elevada presión de vapor a 100°C. Cuando se calienta en presencia de alcohol (metanol o etanol) se forman boratos alquílicos (metílicos o etílicos) cuyos vapores arden con llama de color verde, lo cual sirve para reconocer la presencia de boratos y ácido bórico en una muestra. (Universidad de Valladolid, 2011)

Su naturaleza toxica proviene del óxido bórico que se obtiene cuando se calienta ácido bórico a alta temperatura (Universidad de Valladolid, 2011),



Es utilizado como antiséptico, insecticida, retardante de la llama y precursor de otros compuestos químicos. También funciona como agente tampón para regulación del pH. Es además ingrediente en muchos abonos foliares y en conservación de alimentos. (EcuRed, 2011)

**6.1.2. Bórax.** El bórax se empleó en la antigüedad como fundente en metalurgia. En la Edad Media se utilizaba en esmaltes de cerámica, los primeros depósitos fueron encontrados en el Tíbet y fueron llevados a Europa por los árabes. El origen del nombre se le atribuye a la palabra persa al būrah. Actualmente se emplea en diversos procesos industriales relacionados con la fabricación de jabón, colas, pinturas, tejidos, medicinas y como preservante de madera. (Universidad de Valladolid, 2011)

El bórax también llamado tetraborato de sodio es un compuesto importante del boro. Su fórmula química es  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ . Es un cristal blanco y suave, soluble en agua. Si se deja reposar al aire libre, pierde lentamente su hidratación y se convierte en tincalconita ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ). El bórax comercial generalmente se deshidrata ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ), para su venta. (EcuRed, 2011)

El bórax se obtiene a partir de las aguas circundadas a cuencas cerradas y con alto contenido de sales. Debido a las rígidas características ambientales la fuente de evaporación de agua provoca la precipitación de distintos tipos de elementos, como el boro. Extrayendo el mineral mediante la apertura de piletas de decantación, retirando periódicamente. (EcuRed, 2011)

Otra forma de depósitos lo constituyen éstos mismos ambientes, pero ya sin agua y con minerales fósiles donde la sal se presenta como sal de roca y el bórax como tincal intercalado en sedimentos plegados y fracturados. Los depósitos más importantes se encuentran cerca de Boron, California y de otros lugares del sudoeste americano, en las lagunas salinas en Bolivia, el Desierto de Atacama en Chile, y el Tíbet. También se obtiene el bórax es a partir de síntesis de compuestos del boro. (EcuRed, 2011)

El bórax se utiliza ampliamente en detergentes, suavizantes, jabones, desinfectantes y pesticidas. Se utiliza en la fabricación de esmaltes, vidrio y cerámica. También se convierte fácilmente en ácido bórico o en borato. (EQC, 2006)

El Bórax es el nombre comercial de la sal de Boro, estas se encuentran de forma pentahidratada ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ ) o decahidratada ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ ). Este producto es usado en manufacturas de vidrios, componentes de pinturas, soldaduras, preservante de maderas, desoxidante y como ingrediente en abonos foliares. (EQC, 2006)

## 6.2. La preservación de madera con boratos por el método de difusión

Preservar madera verde con boratos por el método de difusión es aplicar a la madera verde una solución (mezcla de agua y boratos) de compuestos químicos llamados boratos. Los boratos penetran en la madera por medio del fenómeno de la difusión. Cuando los boratos han penetrado en la madera, esta se vuelve venenosa, haciéndose repelente contra los organismos que la atacan. (Velásquez, 1993)

El tratamiento de la madera verde se hace en tres pasos:

- a) Se empapa la madera verde con una solución de agua y boratos.
- b) Luego se empaca la madera tratada para que no pierda humedad ni se seque. El tiempo de empaque depende del grosor de la madera.
- c) Al final de este tiempo de empaque, se desempaca la madera tratada y se pone a secar al aire o en secador.

Cuando la madera se halla secado estará lista para usarse.

Para que el tratamiento con boratos sea efectivo ambos boratos deben ser de grado técnico y de pureza no menor del 95°.

También existe el Disodio-Octaborato Tetrahidratado ( $\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  98° de pureza), pero este borato aun no está registrado para su venta libre en Centroamérica.

Para preservar madera verde, los boratos deben disolverse con agua para formar una solución líquida, blancuzca y viscosa -una solución concentrada de boratos- que permita que los boratos penetren dentro de la madera verde por medio del fenómeno de la difusión. (Velásquez, 1993)

La difusión ocurre cuando parte de la solución de boratos queda en la superficie de la madera verde tratada. Los boratos disueltos, penetran en la madera verde a través de la humedad natural de la madera, hasta que los boratos se distribuyan balanceadamente dentro de toda la pieza. (Velásquez, 1993)

La difusión de boratos dentro de la madera verde necesita dos condiciones:

- a) Que la humedad natural de la madera sea alta -que esté verde, es decir con un contenido de humedad igual o mayor que el 50%-
- b) Que esta humedad natural se mantenga por un tiempo, mientras ocurre la difusión.

Para lograr esto, la madera tratada se empaca con polietileno para protegerla del aire y de la lluvia así como también para evitar que se seque o se moje mientras sucede la difusión.

Después del tiempo de difusión, la madera tratada debe desempacarse y ponerse a secar para que los boratos permanezcan dentro de la madera. Si la madera preservada con boratos se moja o se humedece constantemente, los boratos vuelven a disolverse en el agua y salen de la madera (lixiviación) dejándola sin protección. (Velásquez, 1993)

### 6.2.1. Ventajas del método de difusión (Velásquez, 1993)

- Se adapta: Este método puede aplicarse en forma artesanal o industrial.
- Es seguro: Los boratos son poco tóxicos para los mamíferos pero muy venenosos para los hongos e insectos destructores de la madera.
- Es barato: este tratamiento usa muy poco equipo y su costo por volumen de madera es relativamente bajo (aproximadamente US\$ 0.04 por pie-tablar).
- Es confiable: Los boratos no oxidan las piezas metálicas empleadas para trabajar la madera.
- Es compatible: Los boratos no cambian las propiedades de la madera preservada. La madera preservada no cambia su resistencia, maquinado, corte, ni acabado.
- Es limpio: Los boratos son inodoros, no se vaporizan y no cambian el color natural de la madera, por lo cual no deprecia la pieza.
- Otros beneficios: Los boratos son retardantes de las llamas y la madera tratada con él aumenta su resistencia al fuego.

### 6.2.2. Límites del método de difusión (Velásquez, 1993)

- Estrictas condiciones de aplicación: el tratamiento solo funciona si se aplica a madera verde -con contenido de humedad igual o mayor al 50%. Esto es importantísimo pues la humedad natural de la madera es el medio de penetración de los boratos.
- Estrictas condiciones de uso: los boratos penetran pero no se fijan en la madera tratada aunque esta se haya secado. Si la madera tratada se moja o humedece constantemente, los boratos se pierden por lixiviación. Por esto, la madera preservada con boratos sólo debe usarse en partes donde se mantenga siempre seca y nunca en contacto con el suelo.
- Uso de residuos: los desperdicios y sobrantes de madera preservada con boratos son difíciles de quemar y no sirven para usarse como combustible.
- Hongos manchadores: durante el tiempo de empaque para la difusión, los boratos no controlan toda la gama de hongos y mohos manchadores-decolorantes de la madera verde. Por ello, se necesita aplicar un fungicida que los combata mientras la madera verde está empacada.

### 6.3. Uso de madera preservada con boratos (Velásquez, 1993)

La madera preservada con boratos puede usarse en cualquier sitio siempre y cuando se mantenga seca. Además puede aplicarse a madera aserrada o rolliza para vigas y tendales para techos, paredes interiores, molduras, muebles fijos o móviles, artesanías y embalajes que no se mojen o se humedezcan permanentemente.

**6.3.1. Restricciones para usar madera preservada con boratos.** La madera preservada con boratos no debe usarse en ninguna parte donde pueda humedecerse o mojarse permanentemente. Los boratos penetran en la madera pero no puede perderse por lixiviación. (Velásquez, 1993).

Tampoco debe usarse madera preservada con boratos en los siguientes productos:

- Madera de 6 o más pulgadas de grueso que vaya a ser re-aserrada nuevamente.
- En juguetes para niños.
- En utensilios de cocina usados para preparar alimentos como: paletas, batidores y tablas de picar.
- En columnas o soleras que vayan directamente enterradas en el suelo.
- En viguetas o vías sin protección impermeable que sostengan techos que se humedezcan por largo tiempo.

- En paredes o elementos de paredes de madera que estén expuestos a la intemperie, en contacto con el suelo o la humedad.

#### 6.4. Permanencia de los boratos en la madera preservada

La madera preservada con boratos puede mojarse ocasionalmente. Para que los boratos se lixivien, la madera debe empaparse completamente y de forma constante. Si la madera se moja no habrá lixiviación de boratos, es necesario que se dé un proceso prolongado de humectación para que se empiecen a perder los boratos.

La pintura puede prevenir a lixiviación de los boratos en la madera tratada usada en exteriores sobre el nivel del suelo. (Velásquez, 1993)

Más de 40 años de investigación en Nueva Zelanda y Australia han demostrado que es seguro recomendar el tratamiento en productos de madera para construcción; siempre y cuando que los mismos se empleen donde estén debida y permanentemente protegidos por un techo y/o pintura y nunca en contacto directo con el suelo.

Por otro lado pruebas en Nueva Zelanda, realizadas por el departamento de investigación científica e industrial, mostraron que en piezas pintadas expuestas a la intemperie durante diez años no hubo pérdidas de boratos. (Carr, D.R; 1962)

#### 6.5. Aplicación del método de boratos

Es importante denotar que solo use boratos en forma de polvo o sal. Nunca use boratos que no tengan etiqueta ni aquellos que ya se hayan convertido en sólido.

El grado de pureza de los boratos es importante por dos razones:

- Primero, para que el tratamiento sea efectivo siempre deben combinarse 1.54 partes de bórax por cada parte de ácido bórico. Esta proporción, garantiza una solución de pH neutro y estable en concentraciones altas.
- Segundo, al secarse la madera tratada, la combinación de boratos dentro de ella forma anhídrido bórico que es el agente activo contra los organismos destructores (Erdoiza, 1980; Jayanetti, 1978; FAO,1986)

6.5.1. Generalidades del método de boratos. Antes de empezar a preservar madera con boratos, es bueno asegurarse de la necesidad de usar madera preservada, conocer la demanda local de madera preservada, los tipos de productos que pueden hacerse y si los boratos son realmente el tipo de tratamiento preservante más conveniente para las necesidades locales.

También es importante saber el precio de la madera antes y después de preservada, quién la compra, cómo la usará, el precio de venta y si es posible obtener el equipo, la mano de obra y los materiales necesarios para hacer el trabajo. (Velásquez, 1993)

Por otro lado es necesario escoger como hacer el tratamiento, esto según las necesidades y entre los métodos de inmersión o de brocha.

Se debe buscar un sitio plano, limpio, con sombra y protegido de la lluvia. El sitio debe estar cerca del lugar de empaque, secado o almacenaje de la madera. Para evitar accidentes no se debe trabajar en sitios que sirven de paso a gente, animales o vehículos.

Usar ácido bórico y bórax decahidratado del grado técnico –de 95% o más de pureza-. Si la madera que se va a preservar tiene más de dos pulgadas de grosor, usar fungicida.

Usar polietileno transparente o de color. El polietileno debe ser de 1/10 de pulgada o más de grosor y de 1.50 metros de ancho doble; en cantidad suficiente para empacar la madera que se va a tratar.

Para la preparación previa al tratamiento de la madera se debe considerar lo siguiente:

- Si la madera es aserrada se deben agrupar las piezas por grosor, quitarle el aserrín y suciedad con cepillo, y cuidar que no se ensucie.
- Si la madera es rolliza se debe descortezar cada pieza por completo, se deben agrupar las piezas por grosor, cortar las puntas de ramas y sobrantes, y cuidar que no se ensucie. (Velásquez, 1993)

Ya sea que se aplique el tratamiento por inmersión o con brocha la solución de boratos se hace siempre igual.

Para la preparación de las soluciones primero agregar los boratos en un tonel o recipiente plástico y mezclarlos en seco. Cuando los boratos estén se hayan mezclado bien, agregarlos al

agua poco a poco. Se debe agitar el agua constantemente para que los boratos se disuelvan bien. (Velásquez, 1993)

La efectividad de los boratos contra hongos y mohos decolorantes o manchadores de la madera verde es variable y baja cuando la madera tiene un contenido de humedad mayor que el punto de saturación de la fibra. Debido a esto es necesario aplicar un fungicida a la madera tratada antes de empacarla para la difusión. (Byrne, T.; 1990. Erdoiza, J.; 1980. Amburguey; 1990)

Como norma de seguridad se debe tomar en cuenta el fungicida es altamente tóxico y aunque la solución de boratos no es tóxica, puede ser dañina si se bebe. La piel puede irritarse si entra en contacto directo con la solución, por ello es importante usar mascarilla, guantes, botas de hule y una gabacha impermeable siempre que se trabaje con boratos. (Velásquez, 1993)

**Tabla 9: Semanas de empaque necesarias según el grosor de la madera tratada**

Grosor de madera aserrada o rolliza	Semanas de empaque para difusión
1 a 2 pulg (2.5 a 5 cm)	2
Más de 2 a 4 pulg (más de 5 a 10cm)	6
Más de 4 a 6 pulg (más de 10 a 15cm)	8
Más de 7 a 8 pulg (más de 15 a 20cm)	10

\* Después de este tiempo la madera debe desempacarse y ponerse a secar al aire o en secador.

Fuente: Catie/renarm/madera, 1993.

**6.5.2. Aplicación de boratos por inmersión.** A continuación se presentan los pasos a seguir para tratar madera aserrada o rolliza por inmersión usando la solución de boratos en caliente.

La aplicación por inmersión se hace bañando o sumergiendo la madera verde dentro de una pileta llena de la solución preservante. Se trabaja con la solución preparada con agua caliente. Esta aplicación se recomienda cuando se vaya a preservar una gran cantidad de piezas. (Velásquez, 1993)

Los materiales y equipos necesarios

1. Una balanza en libras y onzas
2. Dos cubetas plásticas de cinco galones cada una
3. Un tonel plástico con tapadera

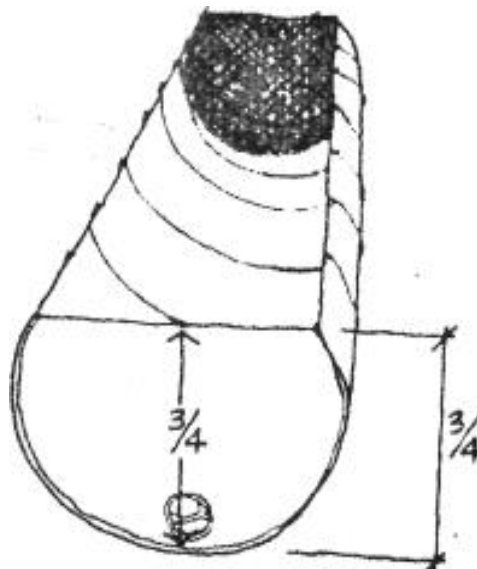
4. Una pileta donde calentar la solución y sumergir la madera
5. Combustible para calentar la solución.
6. Un termómetro de 0 a 100°C
7. Un densímetro entre 1.00 y 1.20 de gravedad específica
8. Una probeta plástica para tomar las muestras de solución y medirlas con el densímetro

Además los operarios deben portar el siguiente equipo de seguridad:

1. Mascarilla contra el polvo
2. Guates de hule de manga larga
3. Gabacha impermeable
4. Botas de hule

En caso de no contar con una pileta se puede hacer soldando toneles metálicos. La pileta debe ser más grande que la madera que se va a tratar, además debe tener una tapadera para evitar que caiga agua o polvo en la solución. Antes de usarla, revisar que no tenga fugas. La pileta debe pintarse con pintura anticorrosiva o de aceite para que no se oxide. Cuando ya no vaya a trabajarse más con la pileta debe vaciarse por completo y lavarse con agua; de ser necesario pintar la pileta para su próximo uso. (Velásquez, 1993)

**Figura 5: Pileta de tratamiento**



Fuente: Velásquez, 1993

6.5.2.1. Preparación de la solución. Medir cuidadosamente la cantidad de agua que se agrega con las cubetas. Llenar la pileta con agua hasta cerca de la

mitad. Además se recomienda usar cantidades enteras de agua (de diez en diez unidades) para facilitar el trabajo de hacer la solución. Posteriormente calentar el agua hasta que alcance 52°C y mantener esta temperatura durante todo el tiempo que dure el tratamiento. (Velásquez, 1993)

**Tabla 10: Cantidades de boratos para la preparación de soluciones**

<b>Cantidades de boratos para preparar 10 galones de solución</b>	
Acido bórico	12.5 lb
Bórax	19.25 lb
<b>Cantidades de boratos para preparar 10 litros de solución</b>	
Acido bórico	3.5 lb
Bórax	5.25 lb

Fuente: Velásquez, 1993.

Usando la Tabla 35.2, se puede calcular la cantidad de boratos necesaria dependiendo de la cantidad de agua que hay en la pileta. Mientras el agua se calienta, pesar por separado el ácido bórico y el bórax en polvo. Verterlos dentro del tonel de plástico y mezclarlos en seco con una paleta grande o a mano antes de agregarlos al agua. Los boratos mezclados se agregan al agua caliente (hasta que alcance los 52°C), poco a poco hasta que se disuelvan completamente dentro de la pileta. Agitar constantemente, cuando los boratos se disuelvan bien la solución está lista para hacer el tratamiento.

Antes de tratar la madera se debe comprobar que la gravedad específica de la solución sea de 1.13, de lo contrario corregirlo.

Seguido a esto, con el equipo de protección puesto sumergir toda la madera que quepa dentro de la pileta, teniendo en cuenta que toda la madera debe quedar cubierta por la solución, es decir, tratar que la madera no flote. Posterior a esto deje escurrir la madera. Después de escurrida la madera proceda a empacarla, colocar juntas las piezas de madera tratada sin separadores. Ponerlas una sobre otra y empacarla por completo con polietileno atado con cuerda plástica para que no circule aire ni entre agua dentro del empaque. Estos paquetes deben estar cubiertos del sol y de la lluvia, en una galera abierta y permanecer empacados durante el tiempo que indica la tabla 10. (Velásquez, 1993)

Cuando el tiempo de empaque se cumpla, retirar el polietileno –este puede ser lavado y ser utilizado posteriormente-. La madera tratada se pone a secar ya sea en una cama de

apilamiento o estiva de secado. La madera puede secarse al aire libre o en secador. (Velásquez, 1993)

Según el tipo de madera y de grosor es distinto el tiempo de inmersión, debido a esto se presenta a continuación una tabla que muestra dicho tiempos.

**Tabla 11: Tratamiento por inmersión según la clase de madera**

Grosor de madera	Tratamiento
<b>Madera aserrada</b>	
De 1 a 2 pulg (2.5 a 5cm)	Una inmersión (1 minuto) Ecurrir (15 segundos) Aplicar fungicida Empacar para difusión (2 semanas)
Más de 2 a 8 pulg (más de 5 a 20cm)	Una inmersión (1 minuto) Ecurrir (15 segundos) Aplicar fungicida Empacar por tres días Segunda inmersión (1 minuto) Ecurrir (15 segundos) Aplicar fungicida Empacar para difusión (6-10 semanas)
<b>Madera rolliza</b>	
Diámetro de 1 a 2 pulg (2.5 a 5cm)	Una inmersión (5 minutos) Ecurrir (15 segundos) Empacar para difusión (2 semanas)
Más de 2 a 8 pulg (más de 5 a 20cm)	Una inmersión (5 minutos) Ecurrir (15 segundos) Empacar por tres días Segunda inmersión (5 minutos) Ecurrir (15 segundos) Aplicar fungicida Empacar para difusión (6-10 semanas)

Fuente: Velásquez, 1993.

El rendimiento de la solución de boratos es muy variable y depende del tamaño de la madera que se trata y de la forma en que se hace la aplicación del tratamiento. El consumo de la solución varía con la especie, la forma, y la textura de la madera que se trata. En general, se estima que por cada metro cuadrado de superficie de madera tratada se consumen 0.32 litros de solución preservada. (USB, 1986:16 y BHL, 1984: 23-24) Para calcular cuanta solución necesita preparar según la cantidad de madera que va a tratar se presentan las siguientes tablas.

**Tabla 12: Piezas aserradas que se pueden tratar con 10 galones de solución por inmersión**

Tamaño en pulg	Pies de largo					Cantidad de piezas
	8	10	12	14	16	
1X4	191	153	128	109	96	
1X6	136	109	91	78	68	
1X8	106	85	71	61	53	
1X10	87	69	58	50	43	
1X12	73	59	49	42	37	
2X4	159	127	106	91	80	
2X6	119	95	79	68	60	
2X8	95	76	63	54	48	
2X10	79	63	53	45	40	
2X12	68	54	45	39	34	
3X3	156	125	104	90	78	
3X4	135	108	90	77	68	
3X6	104	84	70	60	53	
3X8	85	68	57	49	43	
3X10	72	58	48	41	36	
3X12	62	50	42	36	31	
4X4	118	95	79	68	59	
4X6	94	76	63	54	47	
4X8	78	63	52	45	39	
4X10	67	54	45	38	34	
4X12	58	47	39	34	29	
6X6	78	63	52	45	39	
6X8	67	53	45	38	34	
6X10	58	47	39	33	29	
6X12	51	41	34	30	26	
8X8	58	46	39	33	29	
8X10	51	41	34	29	26	
8X12	46	37	31	26	23	

Fuente: Velásquez, 1993.

**Tabla 13: Piezas rollizas que se pueden tratar con 10 galones de solución por inmersión**

Diámetro	Metros de largo				
	4	6	8	10	12
5cm (2pulg)	187	124	---	---	---
10cm (4pulg)	92	62	46	---	---
15cm (6pulg)	61	41	31	24	20
20cm (8pulg)	45	30	23	18	15

Fuente: Velásquez, 1993.

Nota: No es recomendable re-aserrar piezas tratadas de 6 pulgadas (15cm) de grosor a tamaños menores, porque partes internas de la madera pueden quedar expuestas sin protección. Antes de preservar rollizos de más de 8 pulgadas de diámetro debe hacer varias pruebas de inmersión y brocha para asegurar que penetración y retención de boratos s la adecuada. (Velásquez, 1993)

**6.5.3. Aplicación por brocha.** La aplicación con brocha se hace “pintando” la madera verde con la solución preservante. Se trabaja con la solución preparada con agua a temperatura ambiente. Esta aplicación se recomienda cuando se tratan pocas piezas. (Velásquez, 1993)

#### Materiales y utensilios necesarios

1. Una balanza en libras y onza
2. Dos cubetas plásticas de cinco galones cada una
3. Un tonel plástico con tapadera
4. Una brocha de 10cm (4 pulg)

Además los operarios deben portar el siguiente equipo de seguridad:

1. Mascarilla contra el polvo
2. Guates de hule de manga larga
3. Gabacha impermeable
4. Botas de hule

#### 6.5.3.1. Preparación de la madera.

- Si es rolliza; seleccionar los árboles que se van a tratar y cortar únicamente el numero de árboles que se pueda tratar en un día de trabajo. Llevar lo arboles al sitio de trabajo y descortezarlos tratando de que la madera no se ensucie con el suelo. Cortar las ramas al ras

de la troza, para que las puntas no rompan el polietileno al empacar la madera. Es mejor cortar la pieza al largo y en la forma de su uso final.

- Si es aserrada; limpiar la madera y asegurarse de que está verde. (Velásquez, 1993)

### 6.5.3.2. Preparación de la solución

**Tabla 14: Cantidades de boratos para la preparación de soluciones**

<b>Cantidades de boratos para preparar 5 galones de solución</b>	
Acido bórico	6.25 lb
Bórax	9.75 lb

Fuente: Velásquez, 1993.

Utilizar una cubeta plástica de 5 galones y llenarla de agua hasta la mitad. Agregar poco a poco los boratos mezclados en seco mientras se agita fuertemente el agua para que todo el polvo se disuelva. Completar la cantidad de agua que haga falta para llenar los cinco galones. Para colocar el polietileno se extiende sobre el suelo, se corta un poco más largo que la madera que se empacará y abrirlo por la mitad para hacer un lienzo del doble de ancho. (Velásquez, 1993)

Con el equipo protector puesto, colocar una pieza sobre el polietileno y “pintarla”. Pintar cada pieza de un extremo al otro hasta terminar. Darle vuelta a la pieza y pintar la parte sin tratar.

Toda la madera debe pintarse con la solución, especialmente las puntas. Pintar todos los rollizos en la misma forma. (Velásquez, 1993)

Si no se termina la tarea en un día, se deben empacar las piezas sin tratar y se debe tapar la cubeta con la solución. Empacar la madera tratada y lavar las brochas con agua y jabón- Terminar el trabajo al día siguiente.

Colocar las piezas de madera tratada sobre el polietileno extendido. Juntarlas una sobre otra. Empacarlas con el polietileno de manera que no circule aire ni entre agua dentro del paquete.

Los paquetes deben protegerse del sol y de la lluvia; de preferencia deben colocarse en una galera abierta cerca del lugar donde estibar  la madera para secarla después. Empacar los rollizos de acuerdo al tiempo indicado en la Tabla 10. (Velásquez, 1993)

La forma de “pintar” la madera depende del grosor de la madera. La tabla siguiente muestra el tratamiento a seguir.

**Tabla 15: Tratamiento con brocha para madera aserrada o rolliza**

Grosor de madera	Tratamiento
Grosor 1 a 2 pulgadas (2.5 a 5 cm)	Una pintada Aplicar fungicida Empacar para difusión (2 semanas)
Más de 2-8 pulgadas (más de 5 a 20cm)	Primera pintada Aplicar fungicida Empacar por tres días Segunda pintada Aplicar fungicida Empacar para difusión (6-10semanas)

Fuente: Velásquez, 1993.

El rendimiento de la solución de boratos es muy variable y depende del tamaño de la madera que se trata y de la forma en que se hace la aplicación del tratamiento. El consumo de la solución varía con la especie, la forma, y la textura de la madera que se trata. En general, se estima que por cada metro cuadrado de superficie de madera tratada se consumen 0.32 litros de solución preservada. (USB, 1986:16 y BHL, 1984: 23-24)

Para calcular cuanta solución necesita preparar según la cantidad de madera que va a tratar se presentan las siguientes tablas.

**Tabla 16: Piezas rollizas que se pueden tratar con 5 galones de solución por inmersión**

Diámetro	Metros de largo				
	4	6	8	10	12
5cm (2pulg)	88	58	---	---	---
10cm (4pulg)	43	29	21	---	---
15cm (6pulg)	28	19	14	11	9
20cm (8pulg)	21	14	10	8	7

Fuente: Velásquez, 1993.

**Tabla 17: Piezas aserradas que se pueden tratar con 5 galones de solución por inmersión**

Tamaño en pulg	Pies de largo					Cantidad de piezas
	8	10	12	14	16	
1X4	90	72	60	51	45	
1X6	64	51	43	37	32	
1X8	50	40	33	28	25	
1X10	41	32	27	23	20	
1X12	34	28	23	19	17	
2X4	75	60	50	43	38	
2X6	56	45	37	32	28	
2X8	45	36	29	25	22	
2X10	37	29	25	21	19	
2X12	32	25	21	18	16	
3X3	74	59	49	42	37	
3X4	64	51	42	36	32	
3X6	49	39	33	28	25	
3X8	40	32	27	23	20	
3X10	34	27	22	19	17	
3X12	29	23	19	17	14	
4X4	56	45	37	32	28	
4X6	44	36	29	25	22	
4X8	37	29	24	21	18	
4X10	31	25	21	18	16	
4X12	27	22	18	16	13	
6X6	37	29	24	21	18	
6X8	31	25	21	18	16	
6X10	27	22	18	15	13	
6X12	24	19	16	14	12	
8X8	27	21	18	15	13	
8X10	24	19	16	13	12	
8X12	21	17	14	12	10	

Fuente: Velásquez, 1993.

## 6.6. Tablas para la adaptación del método con boratos

**Tabla 18: Concentración y temperatura de solución según el grosor de madera**

Grosor de madera		Concentración de solución (%ABE)	Temperatura de la solución (°C)
Milímetros	Pulgadas		
25	1	25	46
38	1 ½	30	52
51	2	35	54
76	3	45	57

Fuente: Velásquez, 1993.

**Tabla 19: Cantidad de borato necesaria para prepara 1000L de solución según la concentración deseada**

Concentración de solución (%ABE)	Borax (kg)	Ácido bórico (kg)
20	154	100
21	162	105
22	169	110
23	177	115
24	184	120
25	192	125
26	200	130
27	208	135
28	215	140
29	223	145
30	231	150
31	239	155
32	247	160
33	254	165
34	262	170
35	269	175
36	277	180
37	285	185
38	293	190
39	300	195
40	308	200

Fuente: Velásquez, 1993.

# 7. GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS EN IMPREGNACIÓN DE MADERA CON BORATOS (SALUD Y SEGURIDAD OCUPACIONAL)

## 7.1. Propósito

Establecer un procedimiento estándar para la utilización y manejo de boratos que influyen en el proceso de impregnación de madera, con el fin de garantizar el manejo seguro y el cumplimiento de los parámetros preestablecidos, previniendo riesgos operacionales y minimizando la transferencia de contaminantes hacia el medio ambiente derivados del proceso de impregnación.

## 7.2. Alcance

La Guía de Buenas Prácticas en Impregnación de Madera con Boratos está dirigida al sector industrial nacional y pretende colaborar con el desarrollo de la gestión empresarial mediante la incorporación de un procedimiento estándar para impregnación de madera.

## 7.3. Caracterización del preservante

7.3.1. Perfil toxicológico de Borato. Los preservantes de madera tipo Boratos son una mezcla de Boro y otros compuestos. Se producen cerca de 14 tipos diferentes de preservantes a base de Boro. Entre los más utilizados dentro de industria maderera encuentra el Ácido Bórico y el Bórax ( $B_4Na_2O_7$ ).

El Bórax y el Ácido Bórico se presentan de forma granular y en polvo. La exposición a los boratos puede causarse por inhalación de polvos o contacto con la solución preservante de boratos.

La composición del preservante puede variar dependiendo del fabricante, en este caso se muestran los niveles mínimos y máximos según Minera Santa Rita S.R.L. La mezcla de Bórax en forma granular contiene 36.5 % de óxido de boro ( $B_2O_3$ ) mínimo, 16.3% de  $Na_2O$  mínimo, 0.003% de Hierro ( $Fe^{3+}$ ) máximo, 0.1 % de Sulfatos ( $SO_4$ ) máximo y 0.1% de

cloritos ( $\text{Cl}^-$ ) máximo. El ácido bórico se presenta en polvo o granular. La mezcla en polvo de ácido bórico está compuesta por 56.25% de óxido de boro ( $\text{B}_2\text{O}_3$ ) mínimos, 0.095% de Sulfatos ( $\text{SO}_4^-$ ) máximos y 0.07% de cloritos ( $\text{Cl}^-$ ) máximo y la mezcla granulada de ácido bórico contiene 56.50% de óxido de boro ( $\text{B}_2\text{O}_3$ ) mínimo, 0.06% de Sulfatos ( $\text{SO}_4^-$ ) máximo y 0.05% de cloritos ( $\text{Cl}^-$ ) máximo.

En general, los niveles mínimos utilizados para la preservación de madera son de 56% de óxido de boro.

Los boratos se consideran peligrosos por tener como compuesto principal al boro. Más específicamente óxido de boro, componente que se encuentra en mayor proporción en la mezcla. Los efectos asociados a este producto pueden diferir de los esperables para la exposición al boro aislado. Sin embargo, los efectos respecto a los boratos se encuentran ligados con la información sobre su componente principal, boro.

En el perfil toxicológico describiremos los efectos de la mezcla con énfasis en los aspectos particulares del boro.

Los boratos se usan para preservar madera, como plaguicidas y retardadores de llamas. También posee otros usos industriales como lo son el curtido de cueros, fabricación de vidrio, cosmético, material de fotografía, jabones, blanqueadores, detergentes y en combustibles de alta energía. En este manual nos enfocaremos en la aplicación como preservante de madera.

Los boratos como preservante de madera son considerados de menor efecto tóxico que muchos otros encontrados en la industria como lo son la creosota y el ACC.

La exposición al boro ocurre en el trabajo o por el uso de ciertos productos de consumo, teniendo repercusiones al contacto o inhalación. Esta sustancia se ha encontrado en por lo menos 142 de los 1,416 sitios de la Lista de Prioridades Nacionales identificados por la Agencia de Protección Ambiental (EPA). (ATSDR, 2010)

En cuanto al polvo de madera tratada, se han encontrado niveles variables de boro. Existe algún riesgo de aspiración de polvo de madera acerrada tratada, se expone sobre todo al boro en la madera. Por otra parte, si bien este documento no se refiere a polvo de madera, es destacable que el polvo de madera por si mismo tiene efectos tóxicos.

7.3.2. Vías de contacto e ingreso al organismo: Las principales vías de contacto e ingreso al organismo son la piel, las mucosas y la vía respiratoria.

7.3.2.1. La vía respiratoria: La vía respiratoria resulta una vía de ingreso de mayor en proporción a lo que llega a los pulmones. Es el principal riesgo en el proceso de mezclado debido a nos referimos a polvos y granulos. En la preparación de la mezcla en seco previa a la disolución se pueden inhalar polvos. En este caso los componentes del Boratos no son volátiles.

En el proceso de maquinado se considera como un riesgo a las vías respiratorias la exposición al polvo de madera tratada durante el maquinado y el polvo de superficies contaminadas si hay barrido o por acción de viento.

Por la vía respiratoria, este producto tiene efecto tóxico directo por contacto con la piel y las mucosas.

7.3.2.2. La vía cutánea: Se considera secundaria la exposición cutánea, en el proceso de realización de dilución de mezcla de ácido bórico y bórax; al exponerse con superficies contaminadas con el producto debido a pequeñas perdidas o derrames.

La exposición cutánea puede ocurrir también en el proceso de impregnado, si la impregnación es por presión puede existir riesgo de contacto en caso de fuga o residuos dentro de la cámara. En caso de impregnación por brocha o aspersión puede ser contacto directo del preservante con la piel en el momento de la aplicación.

En la fase de la extracción de la madera de la cámara de absorción puede existir exposición cutánea, por el exceso de preservante en la madera o con residuos de la madera.

7.3.2.3. La vía digestiva: La exposición por vía digestiva se considera menor y ocurre solamente si hay manipulación de alimentos bebidas o cigarrillos en zonas de trabajo o con las manos sucias. La ingestión puede ocurrir si hay trayecto mano-boca luego de manipular la madera recientemente tratada o las superficies contaminadas. Fumar, comer, tomar o beber en el lugar de trabajo o en el entorno inmediato es el riesgo principal. La ingestión accidental puede ocurrir si existe trasvase a recipientes que pueden ser

confundidos con bebidas. Esta vía puede contribuir a la contaminación ya que el 90% de lo que lleva a la vía digestiva se absorbe.

**7.3.3. Cómo medir la exposición a los boratos:** La vía de eliminación de los boratos es a través de transformaciones metabólicas y eliminación urinaria. Estos metales aparecen en la orina en plazos cortos luego de la exposición y decaen en pocos días luego de cesar la exposición. La medición refleja la exposición de los 3 a 5 días anteriores.

Otra forma de medir la exposición al boro es la realización de exámenes de sangre luego de la exposición al preservante.

**7.3.3.1. Boro:** El boro es un compuesto que ocurre en forma natural. Es el elemento número 51 más común encontrado en la corteza terrestre y se encuentra en una concentración media de 8 mg/kg (aproximadamente 0,0008%). (ATSDR, 2011)

En medio acuoso el óxido de boro se transforma rápidamente en ácido bórico y, depende del pH del medio para sales de borato. La dosis equivalente de boro se puede calcular al multiplicar las dosis reportadas por un factor de ajuste sobre la relación entre la masa molar del boro en un compuesto dado a la masa molar total. Por lo tanto, los factores de ajuste para las dosis son: 0,175 para el ácido bórico, 0.113 para borato disódico decahidratado, 0.151 de borato disódico pentahidratado, 0.215 de borato anhidro y 0.155 para el óxido de boro. (ATSDR, 2011)

Las concentraciones de boro en la orina de la población en general deben encontrarse en un rango de 0.07 a 0.66 µg/100mL. Los niveles normales de boro en la sangre de niños y bebés están en un rango de 0 a 1.25 µg/mL. (ATSDR, 2011)

El boro no puede ser destruido en el ambiente. Solamente puede cambiar de forma o adherirse o separarse de partículas en el suelo, el sedimento y el agua. La concentración de ácido bórico en pesticidas o preservantes puede encontrarse en 5- 100%. (ATSDR, 2011)

### 7.3.4. Los efectos tóxicos de los Boratos

**7.3.4.1. Exposición aguda o corta duración:** La intoxicación aguda laboral por exposición por inhalación, ingestión o cutánea accidental puede ocurrir en

situaciones de derrame o trabajo en ambiente confinado sin protección. La duración aguda a exposición de 0.44-3.1 mg boro/m<sup>3</sup> de polvo de borato de sodio (bórax) produce leve irritación de los ojos, garganta y nariz, así como la tos y dificultad para respirar. En trabajadores fumadores existe una disminución de volumen espiratorio forzado. (ATSDR, 2011)

En caso de intoxicación oral con ácido bórico puede tener efectos de degeneración de las células del hígado, riñones y cerebro.

Los síntomas iniciales y las medidas de primeros auxilios en planta cuando ocurre una exposición aguda se describen en el **Anexo 1** (Hoja de Salud y Seguridad).

#### 7.3.4.2. Exposición crónica o repetida:

7.3.4.2.1. Exposición por vía respiratoria: El boro inhalado se absorbe y se absorbe y se distribuye de forma sistemática, sangre y orina. Los síntomas de irritación de las vías respiratorias son causados de la exposición de óxido de boro y polvos de ácido bórico.

Los estudios ocupacionales de los trabajadores expuestos al polvo de boratos de sodio, se han identificado una irritación del tracto respiratorio y los ojos, sin cambios medibles en la función pulmonar. En caso de exposición de boratos de sodio en áreas con concentraciones de polvo de 1.8 y 3.1 mg boro/m<sup>3</sup>, se han presentado síntomas de irritación respiratoria, como la sequedad de la boca, la nariz o la garganta, tos seca, sangrado nasal, y dolor de garganta.

7.3.4.2.1.1. En el sistema reproductor: Los hombres expuestos a ácido bórico expuestos a tienen recuento bajo de espermatozoides, la motilidad espermática reducida, y el contenido de fructosa elevada de los fluidos seminales. La exposición de bórax se encontraron tasas de fertilidad de los trabajadores más altas que el promedio nacional de los EE.UU. (ATSDR, 2011)

7.3.4.2.1.2. Exposición por vía digestiva: Congestión vascular y hemorragias en los pulmones se con una dosis estimada de 505 mg / kg de boro por día durante 3-5 días (Wong *et al.* 1964)

## 7.3.4.2.1.3. En el sistema cardiovascular:

La ingestión de 85 mg boro / kg (30 g de ácido bórico) en personas mayores causa hipotensión cardiopulmonar y la muerte por insuficiencia cardiaca.

## 7.3.4.2.1.4. En el sistema gastrointestinal:

La exposición por ingestión de ácido bórico causa náuseas, vómitos persistentes, diarrea y dolor abdominal de tipo cólico.

## 7.3.4.2.1.5. En el hígado: El hígado es

sensible al contacto con el boro provocando congestión y disminución de grasa y degeneración parenquimatosa.

## 7.3.4.2.1.6. En la piel: Efectos sobre la

piel ocurren después de la ingestión de boro (como ácido bórico), dermatitis exfoliativa extensa iniciando como un eritema en las palmas, plantas y glúteos. Con el tiempo se produjo inflamación, descamación masiva y desprendimiento.

## 7.3.4.2.2. Exposición vía cutánea: La exposición

cutánea por derrames o limpieza de ácido bórico o bórax, presenta alopecia general o central en el cuero cabelludo. También produce irritación y enrojecimiento al contacto directo con la piel.

Análisis de muestras de sangre no revelaron niveles elevados de boro en cualquiera de los temas. No existen estudios en relación con efectos cardiovasculares, gastrointestinales, hematológicos, renales en los seres humanos después de la exposición cutánea de boro.

## 7.3.4.2.2.1. En contacto ocular: La

exposición por contacto con los ojos produce irritación, si se tiene contacto continuo puede causar conjuntivitis.

### 7.3.5. Aspectos normativos. límites de referencia ambiental. Bajo

la Ley Federal de Insecticidas, Fungicidas y Rodenticidas (FIFRA) el óxido de boro, ácido bórico, bórax, tetraborato de sodio y están exentos de las tolerancias de plaguicidas químicos en los alimentos, también aparecen como inertes de toxicidad desconocida en la lista por categorías de la EPA de los ingredientes de los pesticidas (EPA, 2004).

A nivel nacional, Guatemala no cuenta con una ley o normativa que prohíba el uso de boratos, o mencione su regulación.

El Código de Salud, Decreto 90-97, contiene regulaciones sobre los aspectos de saneamiento básico y aspectos concernientes a salubridad en el trabajo. De forma general el Decreto 35-95, convenio OIT sobre la protección de los Trabajadores contra los riesgos profesionales debidos a la contaminación del aire, el ruido y las vibraciones en el lugar de trabajo, menciona el manejo y uso de sustancias químicas.

7.3.5.1. Límites de referencia ambiental: Agency for Toxic Substance and Disease Registry (ATSDR) ha derivado niveles mínimos de riesgo (MRL- Minimal Risk Level) de inhalación aguda de duración de 0.3 mg/m<sup>3</sup> para el boro. Este MRL se basa en un nivel de exposición sin efectos adversos observados (NOAEL) de 0.8 mg boro/m<sup>3</sup>.

Para el aire, según la American Conference of Governmental Industrial Hygienist (ACGIH) los valores límite de exposición de bórax o ácido bórico durante 8 horas es de 2mg/m<sup>3</sup> y 10mg/m<sup>3</sup> para el óxido de boro; la exposición de bórax o ácido bórico a corto plazo, 15 minutos, es de 6mg/m<sup>3</sup>.

Según el National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) la exposición límite recomendada de Bórax durante 10 horas es de 5mg/m<sup>3</sup> y óxido de boro 10mg/m<sup>3</sup>.

Según la Occupational Safety and Health Administration (OSHA), estableció un límite de exposición permisible para la industria que trabaja polvo de óxido de boro de 15mg/m<sup>3</sup> de aire durante jornadas de 8 horas diarias, 40 horas semanales.

Según la asociación americana de preservadores de madera, Wood Protection Association (AWPA), se especifica que la retención debe ser de 2.7 kg/m<sup>3</sup> de óxido de boro (B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Los boratos se han registrado como sustancias preservadoras de madera en la Agencia de Protección del Medioambiente. (AITIN, 2010)

7.3.6. Mapa de riesgos. exposición laboral en el proceso de impregnación de madera con boratos: Las circunstancias de mayor riesgo o críticas

de exposición de los trabajadores a los Boratos, ocurren durante el proceso de elaboración de la mezcla y tratado de la madera. Y maquinado de madera tratada si se llegara a realizar.

#### 7.3.6.1. En el proceso de elaboración de mezcla

- Durante el vertido del ácido bórico y el bórax al tanque de mezclado.
- Durante el mezclado en seco de el ácido bórico y el bórax.
- Durante la dilución de la mezcla de boratos con agua caliente, al agregar los boratos al agua podría levantarse polvo.

7.3.6.2. En el proceso de impregnación de madera: La madera puede ser tratada de cuatro distintas formas: brocha, aspersion, inmersión sin presión e inmersión con presión. El más utilizado en la industria para la impregnación de madera es el método de inmersión con presión.

##### 7.3.6.2.1. Tratamiento por brocha

- Durante la manipulación de los tanques con el producto concentrado.
- En la limpieza final de tanques de preservante, sobre todo cuando no utilizan el sistema de inyección de agua, dejando envases con la solución concentrada.
- Derrames accidentales durante el transporte de tanques.
- En la impregnación puede existir goteo de la madera y posible contacto directo con la solución preservante.
- Durante la manipulación de la madera recientemente tratada, por goteo desde la madera.
- Durante las tareas de limpieza de la zona de trabajo. Puede haber contacto directo con algún área que contenga residuos de preservante. De igual forma puede ocurrir inhalación de polvo contaminado durante el barrido o limpieza en seco de las áreas próximas a la zona de tratamiento (incluso las áreas de descanso) o debido al viento que levanta polvo contaminado desde el suelo.
- Manejo de residuos sólidos.

##### 7.3.6.2.2. Tratamiento por aspersion

- Durante la manipulación de los tanques con el producto concentrado.
- En la limpieza final de tanques de preservante, sobre todo cuando no utilizan el sistema de inyección de agua, dejando envases con la solución concentrada.
- Derrames accidentales durante el transporte de tanques.

- Especialmente presenta riesgo el impregnado, la aspersión de madera con solución preservante, el viento puede causar contacto directo con los boratos.
- Durante la manipulación de la madera recientemente tratada, por goteo desde la madera.
- Durante las tareas de limpieza de la zona de trabajo. Puede haber contacto directo con algún área que contenga residuos de preservante. De igual forma puede ocurrir inhalación de polvo contaminado durante el barrido o limpieza en seco de las áreas próximas a la zona de tratamiento (incluso las áreas de descanso) o debido al viento que levanta polvo contaminado desde el suelo.
- Manejo de residuos sólidos.

#### 7.3.6.2.3. Tratamiento inmersión con presión

- Durante la manipulación de los tanques con el producto concentrado.
- Durante la preparación del producto y conexiones con el circuito de alimentación del autoclave.
- En la limpieza final de tanques de preservante, sobre todo cuando no utilizan el sistema de inyección de agua, dejando envases con la solución concentrada.
- Derrames accidentales durante el transporte de tanques, o por roturas del circuito de alimentación o vaciado de la autoclave.
- Durante la apertura del autoclave.
- Durante la descarga de la madera tratada por goteo desde la madera y desde las vagonetas donde queda retenido. Especialmente si hay problemas con el cable, los rieles o las vagonetas y hay que manipularlos o empujar la carga.
- Durante la manipulación de la madera recientemente tratada.
- Durante la manipulación de piezas o sectores del equipo en tareas de mantenimiento o reparación.
- Especial riesgo presenta las tareas de limpieza de la autoclave, cuando implica el ingreso al cilindro para retirar el residuo sólido durante la manipulación de lodos contaminados.
- Durante la limpieza de las piletas de contención y tanques de la solución.
- Durante las tareas de limpieza de la zona de trabajo. Puede ocurrir inhalación de polvo contaminado durante el barrido o limpieza en seco de las áreas próximas a la zona de tratamiento (incluso las áreas de descanso) o debido al viento que levanta polvo contaminado desde el suelo.
- Manejo de residuos sólidos.

7.3.6.2.4. Tratamiento por inmersión sin presión: El tratado por inmersión sin presión presenta los mismos riesgos de exposición que la inmersión con presión, eliminando el riesgo que se da al imprimir vacío porque no se trabaja con presión.

7.3.6.3. El proceso de maquinado de madera tratada: Este proceso constituye una circunstancia de riesgo particular por la inhalación de polvo de madera tratada cuando se realiza corte o cepillado de la madera barrido de polvo en zonas de carpintería.

7.3.6.4. Factores de riesgo asociados: Esta exposición puede verse agravada por las condiciones de trabajo en cuanto a carga física y temperatura.

En todos los casos en que se realiza un esfuerzo físico (empujar, limpiar, barrer, reparar piezas, cargar tablas) aumenta la ventilación pulmonar y aumenta el calor de la piel, lo cual aumenta la absorción por vía respiratoria y cutánea.

Si se trabaja al aire libre y en zonas techadas, en verano la temperatura puede aumentar lo suficiente como para aumentar, por sí sola, la absorción respiratoria y cutánea de los contaminantes. En caso de trabajar al aire libre la impregnación por aspersión pueden causar contacto directo por corrientes de viento asociadas con el clima.

Otros factores de riesgos asociados en el proceso de la madera incluyen la postura de trabajo y esfuerzos repetitivos que aumentan el riesgo de afecciones musculoesqueléticas y de columna vertebral, como lo son el cargar la madera o movilizar los reactivos a los tanques, etc.

7.3.7. Medidas de salud y seguridad: Los Boratos para uso de preservante de madera son poco tóxicos, a pesar de esto no están exentos de riesgos para la salud de los operarios por completo, por lo que se requerirán igualmente exigentes medidas de higiene y seguridad laboral.

El uso de formulación de ácido bórico y bórax granulado reduce la exposición por inhalación de polvos. Disminuyendo el riesgo sobre todo en las etapas de elaboración de mezcla seca, almacenamiento y manipulación inicial del producto hasta la formulación de la preparación diluida.

Las medidas de salud y seguridad en el uso de Boratos durante la impregnación de madera requieren la coordinación de tres tipos de acciones de control. En el presente documento se propone evaluar las siguientes:

#### 7.3.7.1. Medidas de ingeniería, diseño y mantenimiento

- Transporte y almacenamiento de boratos de acuerdo a las recomendaciones del fabricante y la hoja de seguridad.
- Programa de mantenimiento del equipo, asegurando su funcionamiento efectivo como circuito cerrado y evitando la insistencia de pequeños escapes.
- De ser posible, colocar extractores o filtros en cuartos donde se forme acumulación de polvos, como cuarto de mezclado.
- Explorar las medidas posibles para aumentar la efectividad de la etapa de vacío final a efectos de evitar o minimizar el goteo posterior de la madera tratada.
- Establecer medidas efectivas para evitar la generación de polvos o extraerlos en forma segura, durante el proceso de realización de mezcla de boratos.
- De ser posible, instalar apertura automática del autoclave a distancia.
- Plan de mantenimiento del sistema de rieles de carga y descarga para asegurar un buen rodamiento de las vagonetas evitando tener que empujar o destrabar la carga mojada.
- Establecer un procedimiento para la limpieza de la autoclave, contando con equipo adecuado para que el ingreso a la autoclave sea seguro.
- Asegurar la presencia de sumideros en las piletas de contención para permitir la evacuación del líquido y mantenerlas siempre vacías, disminuyendo la probabilidad de contactos involuntarios.
- En caso de impregnación por aspersión, contar con un lugar adecuado de trabajo para evitar residuos expuestos y así la exposición por contacto e inhalación.
- En el maquinado de madera realizar aspiración localizada durante las operaciones de corte o cepillado para evitar dispersión de polvo.
- En el maquinado de madera establecer mecanismos de limpieza por aspiración en la zona de trabajo o si es posible, la limpieza en húmedo para evitar la generación de polvo.
- Plan de diseño y adecuación ergonómica de los puestos de trabajo. El diseño de los puestos de trabajo debe atender los aspectos de posturas y área cómoda en caso de que existan movimientos repetitivos o esfuerzo. En este sentido se recomienda utilizar como guía el Convenio 132 de OIT.
- Proporcionar equipo adecuado para operarios que realicen esfuerzos de traslado, levantamiento de peso y movimientos repetidos.

- Plan de gestión de residuos.

#### 7.3.7.2. Medidas administrativas o de organización del trabajo

- Realizar procedimientos con la descripción de tareas y definición de la responsabilidad del personal que trabaja en zona de impregnación.
- Señalizar las áreas de proceso de mezclado e impregnación.
- Colocar los pictogramas de peligro del producto de Borato en los tanques y en la zona de tratamiento, de modo que sean visibles.
- Colocar carteleras que especifiquen la prohibición de fumar, comer o tomar mate en el área de trabajo.
- Tener disponible la Hoja de Salud y Seguridad en las zonas de trabajo.
- Realización de capacitaciones continuas (al ingreso y mínimo vez al año) con los trabajadores de la planta. Para promover una cultura de salud y seguridad laboral en los trabajadores y empresas.
- Establecer espacios de comunicación e intervención permanente con los trabajadores, para revisión continua del funcionamiento del proceso, mediante intercambio de información sobre situaciones de riesgo especial o cambios a realizar. En este sentido se recomienda seguir las recomendaciones del Convenio 155 de OIT.
- Distribuir el horario de trabajo de acuerdo a las normativas vigentes evitando una carga horaria mayor a 8 horas diarias y 40 horas semanales, que pueda causar efectos secundarios en los empleados.
- Deberá realizarse un registro de control específico. Si durante una o más jornadas se trabaja más de 8 horas, se disminuirá el horario en las jornadas siguientes de manera de no sobrepasar las 40 horas semanales. Las medidas de protección e higiene deberán ser máximas.
- En épocas de calor, se recomienda en lo distribuir el trabajo en horas de calor o realizar periodos de descanso especiales. Y proveer de agua fresca a los trabajadores en zona de descanso, evitando su almacenamiento en zona de tratamiento.
- Debido a la potencial toxicidad sobre el desarrollo fetal se recomienda que las mujeres embarazadas no sean asignadas al proceso de impregnación de madera.

#### 7.3.7.3. Medidas de higiene personal

- La principal medida de protección es la prevención mediante la aplicación de medidas de buenas prácticas y la adecuada gestión de riesgos.

- El personal deberá tener una gestión adecuada de la ropa de trabajo y los implementos de protección de manos, ojos y vía respiratoria.
- El establecimiento dispondrá de un vestuario con baño y ducha. Los vestuarios con casilleros que permitan separar la ropa de calle de la de trabajo y la disponibilidad de ducha se consideran un requisito mínimo indispensable acorde con el Decreto 90-97.
- Se recomienda como medida de máxima eficacia, la disponibilidad de un vestuario con tres áreas:
  - \* Ingreso en zona limpia donde se deja la ropa de calle y colocación de ropa de trabajo limpia.
  - \* Salida pasando por zona de vestuario sucio donde se deja la ropa sucia y se accede a la ducha.
  - \* Luego de la ducha se pasa al vestuario de ropa limpia.
- La ropa debe lavarse como mínimo una vez a la semana y deberá ser el propio trabajador el que la coloque en la máquina lavadora. La ropa de trabajo, no deberá salir del establecimiento.
- Si ocurre un derrame y se moja la ropa con el producto concentrado o diluido, el trabajador detendrá su tarea (o completará la operación si esta evita mayores derrames), se retira al vestuario a ducharse y cambiarse de ropa. La ropa deberá ser colocada de inmediato en la lavadora.
- El establecimiento deberá disponer de una zona de descanso y comedor con acceso a una pileta para lavado de manos y cara. El área de descanso deberá estar alejada de la zona de impregnación y estará prohibido ingresar con implementos de trabajo.

7.3.7.4. Elementos de protección individual: Los equipos de protección individual están orientados a evitar la inhalación, el contacto cutáneo y la salpicadura de ojos de los trabajadores. Su utilización es obligatoria durante los procesos y operaciones consideradas de riesgo. Más detalles están disponibles en el Anexo 1. Ficha de salud y seguridad.

Si las medidas de ingeniería e higiene se cumplen correctamente el uso de la indumentaria especial no será imprescindible durante todo el ciclo de trabajo. Los diferentes tipos de implementos de seguridad deberán estar disponibles en los lugares definidos como de especial cuidado.

Dentro del la indumentaria necesaria esta:

- La ropa de trabajo debe ser un overol de manga larga.

- El calzado debe ser botas industriales con punta de acero.
- Durante las estaciones cálidas (temperatura mayor a 25°C –con 60% o más de humedad): la ropa debe ser de tela liviana, de color claro y fácilmente lavable. No necesariamente impermeable.
- Delantal largo de material impermeable durante la operación de descarga de vagonetas y manipulación de maderas recién tratadas.
- Uso de equipo totalmente impermeable para las operaciones de limpieza de la autoclave, tanques y pileta de contención.
- Durante la manipulación de los tanques, cualquier parte del sistema de impregnación o de la carga, deberá utilizarse guantes de goma con manga larga para proteger antebrazos. Los guantes pueden ser de neopreno, nitrilo o PVC con un grosor de 2mm o mayor para asegurar resistencia a las roturas.
- Durante etapas del proceso donde puede haber salpicaduras oculares deben utilizarse gafas de protección.
- En el proceso de elaboración de mezcla es necesario la utilización de mascarilla y lentes de seguridad.
- Cuando los controles de ingeniería no aseguran que se trabaja por debajo de los valores de referencia admisibles en el aire deben utilizarse respiradores bajo un programa de protección respiratoria.
  - \* El programa debe incluir la capacitación en el uso y mantenimiento de la protección personal.
  - \* El programa debe incluir la valoración de aptitud del trabajador para el uso de protección personal.
  - \* Las máscaras de protección respiratoria deberán tener filtros con una eficiencia de al menos el 95% (N95). El filtro tiene eficacia solamente hasta 10 veces el valor límite de exposición ocupacional (Occupational Exposure Limits-OEL) el Valor de referencia de NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health).
  - \* La máscara de cara completa con cartuchos es una buena opción cuando se requiere proteger cara y ojos y los cartuchos de filtro tienen una durabilidad mayor. Su uso es indispensable en las operaciones de ingreso a la autoclave.
  - \* La durabilidad de la protección respiratoria depende de los niveles de contaminación, la intensidad de su uso (tiempo en la jornada y ventilación del operario) y su mantenimiento. Estimando y estableciendo tiempo promedio ajustado a la percepción del operador. En general el fin de su efectividad se establece cuando el trabajador comienza a sentir dificultad o esfuerzo para respirar. Esta percepción refleja la saturación del filtro.
- El mantenimiento de elementos de protección personal:

- \* Overol, delantal, guantes y gafas pueden permanecer en la zona de trabajo (o área de descanso) durante el ciclo de trabajo dentro de un casillero, o espacio suficientemente separado del proceso y al mismo tiempo a mano del operario.
- \* La máscara respiratoria es de uso individual. Mientras no está en uso debe colocarse en un sobre, estuche o bolsa para asegurar que no se contamine internamente.

**Tabla 20: Equipo de protección para proceso de impregnación de madera con boratos**

Proceso	Ropa	Delantal	Equipo impermeable	Lentes	Guantes	Protección respiratoria
Preparación de solución Boratos	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio
Manipulación de tanques de solución	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio	
Conexión con autoclave	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio	
Limpieza de tanques	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio
Apertura de la autoclave	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio
Descarga de la autoclave	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio
Tareas de mantenimiento de la autoclave	Obligatorio		Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio	
Limpieza de la autoclave	Obligatorio		Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio
Limpieza de derrames	Obligatorio		Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio
Limpieza de área de trabajo	Obligatorio		Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio
Maquinado de madera	Obligatorio		Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio
Aplicación por brocha o aspersión de madera	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio

Fuente: Elaboración propia, 2012.

**7.3.8. Vigilancia de los trabajadores expuestos:** La vigilancia médica tiene dos componentes esenciales: monitoreo biológico de los contaminantes y evaluación clínica de los trabajadores.

Ambas actividades de vigilancia son complementarias debido a que el boro abandonan el cuerpo en unos días y los análisis de orina o sangre no puede determinar si hubo exposición en el pasado, tomando en cuenta que muchos de los efectos tóxicos ocurren por contacto y no por absorción.

De acuerdo al proceso y número de trabajadores del establecimiento, se plantea un programa de vigilancia con recursos locales entrenados, con identificación de centros de referencia de nivel especializado.

7.3.8.1. Criterios a seguir para la vigilancia: Todos los trabajadores expuestos a bórax o ácido bórico por encima de  $2\text{mg}/\text{m}^3$  a  $5\text{mg}/\text{m}^3$ , durante más de 8 horas diarias, más de 30 días al año deben ser coordinados para vigilancia médica regular.

Los trabajadores con vigilancia médica regular podrían ser:

- Trabajadores asignados para la elaboración de mezcla de boratos.
- Trabajadores asignados a las tareas de carga, descarga y funcionamiento de la autoclave de impregnación de madera.
- Quienes realizan el mantenimiento regular del equipamiento.
- Trabajadores asignados a la limpieza del área de trabajo.
- Los trabajadores asignados a las tareas de maquinado de madera tratada.
- Para la impregnación por aspersión, los trabajadores encargados de la impregnación de la madera.

En el caso de trabajadores asignados a otras tareas y que por causas puntuales o accidentes hayan estado expuestos a los boratos, se les realizara un chequeo médico. En este caso serán incluidos en forma transitoria.

7.3.8.2. Plan de monitoreo biológico: Se realizará un monitoreo anual a los empleados, dosificando Boratos en la orina y sangre para luego realizar análisis. No es necesario monitoreo continuo debido a la baja toxicidad de los Boratos.

La muestra de orina deberá tomarse luego de por lo menos tres días de trabajo normal, por lo que se recomienda realizarla al final de la última jornada semanal. No día lunes o luego de períodos de descanso.

La técnica recomendada para la determinación de Boratos por orina, es el análisis por espectrometría de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente. El análisis de sangre es realizado por método colorimétrico. (ATSDR, 2011)

7.3.8.2.1. Medidas de intervención de acuerdo a resultados: Los resultados del monitoreo biológico deben ser realizados en cumplimiento del Decreto 90-97 e informados a la autoridad sanitaria: Departamento de Salud Ambiental y Ocupacional del Ministerio de Salud, con la periodicidad que ésta indica en la guía.

- Si los valores están por debajo del valor de referencia, se realizará nuevo control en 12 meses.
- Si los valores están en el límite o por encima del valor de referencia:
  - \* Retirar al trabajador del proceso de impregnación de madera.
  - \* Revisar y ajustar medidas de prevención de acuerdo a las recomendaciones de la guía.
  - \* Realizar evaluación médica en dos semanas. El trabajador volverá a sus tareas si la evaluación médica no encuentra alteraciones y los valores urinarios están por debajo de los límites de referencia.

7.3.8.3. Programa de vigilancia médica: Independientemente de los niveles dosificados en orina se realizará un examen médico protocolizado como mínimo cada dos años (Anexo 3 Protocolo y Guía de Historia Clínica).

El examen médico se realizará siempre que se superen los valores de referencia de boratos. El examen médico se realizará en forma no programada luego de cualquier accidente con el producto o frente a sintomatología sospechosa de intoxicación.

El examen médico incluye historia clínica y examen médico protocolizado orientada a detectar efectos clínicos y exámenes complementarios orientados a detectar alteraciones preclínicas: hemograma completo, orina, funcional hepático y los que el médico determine de acuerdo a su observación clínica.

Es recomendable que el programa de vigilancia médica se realice en forma integral por médicos entrenados en salud ocupacional.

En este sentido se recomienda como guía el Convenio 161 de la OIT sobre servicios de salud en el trabajo.

## 7.4. Hojas de salud y seguridad

### 7.4.1. Ficha de Merck ácido bórico



100765 Ácido bórico

99.9999 Suprapur®

Para preguntas en general por favor contacte a nuestro Servicio de Atención al Cliente:

Merck KGaA  
Frankfurter Str. 250  
64293 Darmstadt  
Germany  
Teléfono: +49 6151 72-0  
Fax: +49 6151 72 2000

22 septiembre 2011

#### Información sobre producto


Fórmula empírica (según Hill)	BH <sub>3</sub> O <sub>3</sub>
Fórmula químico	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>
Número HS	2810 00 90
Número CE	233-139-2
Masa molar	61.83 g/mol
Número de índice CE	005-007-00-2
Número CAS	10043-35-3

#### Datos químicos y físicos

Solubilidad en agua	46.5 g/l (20 °C)
Punto de fusión	185 °C (descomposición)
Masa molar	61.83 g/mol
Densidad	1.51 g/cm <sup>3</sup> (20 °C)
Bulk density	400 - 600 kg/m <sup>3</sup>
Valor de pH	3.7 (46.5 g/l, H <sub>2</sub> O, 20 °C)
Presión de vapor	2.7 hPa (20 °C)

#### Información de seguridad de acuerdo a GHS

Hazard Statement(s)	H360FD: Puede perjudicar a la fertilidad. Puede dañar al feto.
Precautionary Statement(s)	P201: Pedir instrucciones especiales antes del uso. P308 + P313: EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: Consultar a un médico.
Signal Word	Peligro
Hazard Pictogram(s)	
RTECS	ED4550000
Clase de almacenamiento	6.1B Sustancias no combustibles, tóxicas
WGK	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Disposal	28 Soluciones acuosas: categoría D.

Información de seguridad	
Frase R	R 60-61 Puede perjudicar la fertilidad. Riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto.
Frase S	S 53-45 Evítese la exposición - recábense instrucciones especiales antes del uso. En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muéstresele la etiqueta).
Características de peligrosidad	tóxico para la reproducción
Hazard Symbol	 Toxic
Datos toxicológicos	
LD 50 oral	DL50 rata 2660 mg/kg
LD 50 dérmica	DL50 rata > 2000 mg/kg

© Merck KGaA, Darmstadt, Alemania, quimicos(at)merck.com.gt, 2011

Fuente: MERK, 2011

**Tabla 21: Efectos del ácido bórico**

TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICIÓN	PELIGROS/ SÍNTOMAS AGUDOS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
<b>EXPOSICIÓN</b>		Evitar la dispersión del polvo	
<b>INHALACIÓN</b>	Tos. Dolor de garganta.	Extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo.
<b>PIEL</b>	¡PUEDE ABSORBERSE! Enrojecimiento. Puede ser absorbida a través de la piel dañada.	Guantes protectores.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar y lavar la piel con agua y jabón. Proporcionar asistencia médica.
<b>OJOS</b>	Enrojecimiento. Dolor.	Gafas de protección de seguridad.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
<b>INGESTIÓN</b>	Dolor abdominal. Convulsiones. Diarrea. Náuseas. Vómitos. Salpullido.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. Proporcionar asistencia médica.

Fuente: MERK, 2011

Tabla 22: Consideraciones tóxicas del ácido bórico

<b>D A T O S  I M P O R T A N T E S</b>	<p><b>ESTADO FÍSICO; ASPECTO</b> Cristales incoloros o polvo blanco, inodoro.</p> <p><b>PELIGROS QUÍMICOS</b> La sustancia se descompone al calentarla intensamente por encima de 100°C , produciendo agua y anhídrido bórico irritante. La disolución en agua es un ácido débil. Incompatible con carbonatos y hidróxidos alcalinos.</p> <p><b>LIMITES DE EXPOSICIÓN</b> TLV no establecido. MAK no establecido.</p>	<p><b>VIAS DE EXPOSICIÓN</b> La sustancia se puede absorber por inhalación del aerosol y por ingestión.</p> <p><b>RIESGO DE INHALACIÓN</b> La evaporación a 20°C es despreciable; sin embargo, se puede alcanzar rápidamente una concentración molesta de partículas dispersadas en el aire.</p> <p><b>EFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN</b> La sustancia irrita los ojos, la piel y el tracto respiratorio. La sustancia puede causar efectos en el tracto gastrointestinal, hígado y riñones.</p> <p><b>EFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA</b> El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis. La experimentación animal muestra que esta sustancia posiblemente cause efectos tóxicos en la reproducción humana.</p>
---	---	---

Fuente: MERK, 2011

## 7.4.2. Ficha de Merck borax



106309 di-Sodio tetraborato

anhidro 99.99 Suprapur®

Para preguntas en general por favor contacte a  
nuestro Servicio de Atención al Cliente:

Merck KGaA  
Frankfurter Str. 250  
64293 Darmstadt  
Germany  
Teléfono: +49 6151 72-0  
Fax: +49 6151 72 2000

22 septiembre 2011

---

**Información sobre producto**


---

Synonyms	Borax
Fórmula empírica (según Hill)	$B_4Na_2O_7$
Fórmula química	$Na_2B_4O_7$
Número HS	2840 11 00
Número CE	215-540-4
Masa molar	201.21 g/mol
Número de índice CE	005-011-00-4
Número CAS	1330-43-4

---

**Datos químicos y físicos**


---

Solubilidad en agua	25.6 g/l (20 °C)
Punto de fusión	742 °C
Masa molar	201.21 g/mol
Densidad	2.37 g/cm <sup>3</sup> (20 °C)
Bulk density	700 kg/m <sup>3</sup>
Valor de pH	9.2 (25 g/l, H <sub>2</sub> O, 20 °C)
Punto de ebullición	1575 °C (descomposición)
Presión de vapor	7.3 hPa (1200 °C)


---

**Información de seguridad de acuerdo a GHS**


---

Hazard Statement(s)	H360FD: Puede perjudicar a la fertilidad. Puede dañar al feto.
Precautionary Statement(s)	P201: Pedir instrucciones especiales antes del uso. P308 + P313: EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: Consultar a un médico.
Signal Word	Peligro
Hazard Pictogram(s)	
RTECS	ED4588000
Clase de almacenamiento	6.1D Sustancias tóxicas no combustibles de toxicidad aguda cat. 3 o sustancias con efectos crónicos
WGK	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Disposal	3 Los reactivos orgánicos líquidos relativamente no reactivos desde el punto de vista químico se recogen en la categoría A. Si contienen halógenos se les asigna la categoría B. Residuos sólidos: categoría C.

## Información de seguridad

Frase R	R 60-61 Puede perjudicar la fertilidad. Riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto.
Frase S	S 53-45 Evítese la exposición - recábense instrucciones especiales antes del uso. En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muéstresele la etiqueta).
Características de peligrosidad	tóxico para la reproducción
Hazard Symbol	 Toxic

## Datos toxicológicos

LD 50 oral	DL50 rata 1200 mg/kg
LD 50 dérmica	DL50 conejo > 2000 mg/kg

© Merck KGaA, Darmstadt, Alemania, quimicos(at)merck.com.gt, 2011

Fuente: MERK, 2011

Tabla 23: Efectos del ácido brax

TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICIÓN	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
<b>EXPOSICIÓN</b>		Evitar la dispersión del polvo	
<b>INHALACIÓN</b>	Tos. Dolor de garganta.	Extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo.
<b>PIEL</b>	¡PUEDE ABSORBERSE! Enrojecimiento. Puede ser absorbida a través de la piel dañada.	Guantes protectores.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar y lavar la piel con agua y jabón. Proporcionar asistencia médica.
<b>OJOS</b>	Enrojecimiento. Dolor.	Gafas de protección de seguridad.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
<b>INGESTIÓN</b>	Dolor abdominal. Convulsiones. Diarrea. Náuseas. Vómitos. Salpullido.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. Proporcionar asistencia médica.

Fuente: MERK, 2011.

Tabla 24: Consideraciones tóxicas del borax

<b>D A T O S  I M P O R T A N T E S</b>		<p><b>VIAS DE EXPOSICIÓN</b></p> <p>La sustancia se puede absorber por inhalación, a través de la piel (especialmente si la piel está dañada), y por ingestión.</p>
		<p><b>RIESGO DE INHALACIÓN</b></p> <p>La evaporación a 20°C es despreciable; sin embargo se puede alcanzar rápidamente una concentración molesta de partículas en el aire.</p>
	<p><b>ESTADO FÍSICO; ASPECTO</b></p> <p>Cristales incoloros.</p>	
	<p><b>PELIGROS FÍSICOS</b></p>	
	<p><b>PELIGROS QUÍMICOS</b></p> <p>La sustancia se descompone al calentarla intensamente por encima de 400°C produciendo metaboratos. La sustancia es una base débil.</p>	<p><b>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN</b></p> <p>La sustancia irrita las membranas mucosas y los ojos. La sustancia puede tener efectos sobre el hígado, los riñones y el sistema nervioso central cuando es ingerida.</p>
	<p><b>LIMITES DE EXPOSICIÓN</b></p> <p>TLV (como TWA): 5 mg/m<sup>3</sup> (ACGIH 1990-1991).</p>	<p><b>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA</b></p> <p>El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis. La sustancia puede tener efectos sobre la piel por ingestión (erupciones eritematosas en la piel, dermatitis psoriásica). Puede producir disfunciones en la fertilidad.</p>

Fuente: MERK, 2011.

## 8. CONCLUSIONES

- Se encontró una que existen una gran variedad de preservantes, a grandes rasgos se pueden distinguir en dos grandes grupos, preservantes hidrosolubles y oleo solubles; dependiendo de sus componentes los preservantes obtienen sus características comunes, así como sus ventajas y desventajas. Se determinó que la toxicidad de los preservantes es la ventaja o desventaja de mayor importancia para la viabilidad en la industria, ya que dependiendo del daño que pueda causar el preservante ya sea a la salud o al medio ambiente se restringe su porcentaje en concentración, y su uso determinado. La mayoría de los preservantes hidrosolubles poseen las características de ser altamente tóxicos debido a sus componentes químicos (cromo, arsénico, cobre, zinc, etc), los oleo solubles por su parte son de origen natural. El preservante hidrosoluble con mayor toxicidad es el ACC y el preservante hidrosoluble con mayor toxicidad es la Ceosota.
- El preservante para la impregnación con boratos más utilizado internacionalmente es el Ácido Bórico y Bórax, siendo el boro el componente principal de estos preservantes se realizó la guía de buenas prácticas con base en toxicología. Tomando en cuenta los daños que puede causar al contacto, ingestión o inhalación del mismo; y las repercusiones que este tiene a la salud de la persona que está en contacto en el momento de la impregnación.
- Los boratos poseen una toxicidad relativamente baja, por esta razón no fue necesario la toma de medidas de control máximas, sin embargo si se aplicaron medidas estándares básicas para el control de la salud y seguridad del trabajador. De igual forma se elaboró la guía de buenas prácticas, tomando en cuenta cada parte crítica o factor del proceso de impregnación en la cual el personal de trabajo se podría ver involucrado o expuesto a algún daño a su salud.

## 9. RECOMENDACIONES

- Se recomienda la elaboración de un segundo tomo para la guía de impregnación de madera con boratos, en el cual se incluya un análisis detallado de la descripción del proceso de impregnación, el diseño de una planta de impregnación y los puntos de críticos control.
- Se recomienda indagar en la gestión de residuos sólidos y líquidos de los boratos, así como la elaboración de un plan de gestión ambiental y monitoreo ambiental para las plantas de impregnación de boratos.
- Se recomienda realizar un análisis de costos comparativo para los distintos tipos de preservantes para observar la rentabilidad y viabilidad económica en la industria de madera.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

1. Amburgey, T. 1990. *The need for co-biocides when treating wood with borates*. Proceedings 47355. First international conference on wood protection with diffusible preservatives. Forest products research society. USA. Pág. 141
2. American Society for Testing and Materials, *Standard Test Method for Wood preservatives by laboratory soil-block*. D 1413-99.
3. Barreno, M. Carreño, R. 1998. *Evaluación de los pigmentos de cúrcuma cultivada en Venezuela*. Universidad central de Venezuela.
4. BHL-Borax Holdings Limited. 1984. *Plant operator's manual*. Timbor preservative. Borax house, Carlisle Place, UK.
5. Brown, G. Sallee, E. 1977. *Química cuantitativa*. editorial Reverté. España. pág. 683.
6. Byrnet, T. 1990. *Recent research in boron treatment of canadian wood species: stain and mold preventives*. Proceedings 47355. First international conference on wood protection with diffusible preservatives. Forest products research society. USA. Pág. 141
7. Carr, D. R. 1962. *Boron as a wood preservative*. Proc. World For. Congr. 5<sup>th</sup>, 3, 1552-1556. En: *Summary of pressure treating, fungal efficacy and termite toxicity data for borate*. Pág 20.
8. Catie/ Renarm/ Madera. 1993. *Preservado de madera rolliza con el método de difusión de boratos*. Guatemala. Pág. 5
9. Erdoiza, J. Echenique, M. 1980. *Preservación de madera de pino con sales de boro*. Instituto de investigación sobre recursos bióticos. México. Pág. 18
10. Fernandez, Francisco; P. Echenique. 1986. *Estructuras de Madera*. Editorial Limusa, S.A. de C.V. México D.F. Pags 103-105.
11. Fimaco. *La impregnación de la madera con C.C.A.* se encuentra en: <http://www.fimaco.com.ar/productos/autoclaves/a02/La%20Impregnacion%20de%20la%20Madera%20con%20CCA.pdf>
12. Food and agriculture Organization of the United States. 1986. *Wood preservation manual*. Forestry paper # 76. Pág. 152
13. Forest Products Laboratory. 1999. *Wood handbook-Wood as an engineering material*. Madison, Wisconsin.
14. *Guía de buenas prácticas en impregnación de madera, Tomo 1: Seguridad y salud ocupacional*. 2007. Producción más Limpia (P+L). Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo. Uruguay.



15. *Guía de buenas prácticas en impregnación de madera, Tomo 2: Gestión ambiental y producción más limpia*. 2007. Producción más Limpia (P+L). Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo. Uruguay.
16. Gurfinker, German. 1981. *Wood Engineering*. 2da. Edición. Editorial Kendall/Hunt Publishing Company. Southern Forest Products Association. Illinois. Pags 113- 116.
17. Horbostel, Caleb. 1999. *Materiales modernos para la construcción*. México DF. Págs 552 a 554.
18. Jayanetti, D. 1978. *A guide for boron diffusion treatment*. Documento FID-II/22. Jakarta. Pág. 14
19. Lebow, S. Lebow, P. Halverson, S. 2010. *Penetration of Boron from Topically Applied Borate Solutions*. Forest Products Journal. Vol 60. no 1.
20. *Lista de Plaguicidas con Autorización Vigente*. 12 de Septiembre 2011. Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). Ministerio de Agricultura Gobierno de Chile.
21. López R., 2001. *Análisis de comparativo de dos tipos de madera, al ser tratados para su preservación, bajo el método de inmersión instantánea en solución de boratos, en el departamento de Retalhuleu*. Universidad de San Carlos de Guatemala. Escuela de Ingeniería Química.
22. Madera para Exteriores, *Preguntas Frecuentes*. Se encuentra en: <http://www.madex.es/index.php?id=394#c207>
23. McCabe. *Operaciones Unitarias en ingeniería química*, cuarta edición, México 1991. Editorial McGraw-Hill Interamericana, S.A. de C.V.
24. Producción + limpia. 2008. *Guía de buenas prácticas en impregnación de madera, Tomo 2: gestión ambiental y producción más limpia*.
25. Reeb, J. 1997. *Wood-Destroying Organisms & Wood Preservatives*. University of Kentucky.
26. Universidad católica de Chile. 2008. *Seminario, Impregnación de Pino en Chile*.
27. USB-US Borax & chemical corp. 1986. *Treatment manual*. USA.
28. Velásquez C. 1993. *Preservación de madera verde por el método de difusión de boratos: guía para el técnico forestal*. Guatemala.
29. Velásquez G., Carlos E.; 1993. *Preservación de madera verde por el método de difusión de boratos: guía para el técnico forestal*. Guatemala.
30. *Wood and Fiber Science*. 2004. Journal, Vol 36.. Society of Wood Science & Technology (SWST). Págs 119-118
31. *Wood Preservation*. 1987. Wood Handbook: Wood as an engineering material. Handbook 72, Forest Service Agriculture. United States Department of Agriculture. Washington D.C. Págs 18-2 a 18-6

## 11. REFERENCIAS DE INTERNET

1. *Borax 10 DecaidratadoMSR*. 2011. Minera Santa Rita. Argentina. Extraído de: <http://www.santaritasrl.com/pdf/borax-10-eng.pdf>
2. *Borax*. 2006. Electroquímica el Carmen S.A. (EQC).Argentina. Extraído de: <http://www.eqcsa.com.ar/Productos/borax.php>
3. *Borax*. 2011. EcuRed. Cuba. Extraído de: <http://www.ecured.cu/index.php/B%C3%B3rax>
4. “*Boric Acid MSR*”. 2011. Minera Santa Rita. Argentina. Extraído de: <http://www.santaritasrl.com/pdf/boric-acid-eng.pdf>
5. “*Boro*”. 2011. Lenntech. España. Extraído de: <http://www.lenntech.es/periodica/elementos/b.htm#ixzz1YlgufyrG>
6. “*Chromated Copper Arsenate (CCA) Wood Preservatives*”. 2011. National pesticide Information Center. Extraído de: <http://npic.orst.edu/ingred/ptype/treatwood/cca.html>
7. *Clases Minerales, Boratos* . 2011. Universidad de Valladolid. España. Extraído de: [http://greco.fmc.cie.uva.es/mineralogia/contenido/clases\\_miner5\\_4\\_3.html](http://greco.fmc.cie.uva.es/mineralogia/contenido/clases_miner5_4_3.html)
8. *Decreto Numero 90-907* . Constitucion Política de la Republica de Guatemala. El Congreso de la Republica de Guatemala. Guatemala.
9. *Entradas al Proceso* . 2010. Red Interinstitucional de Tecnologías Limpias - RITL [http://www.tecnologiaslimpias.org/html/central/331107/331107\\_mp.htm](http://www.tecnologiaslimpias.org/html/central/331107/331107_mp.htm)
10. *Ficha de Datos de Seguridad* . 2011. MERCK. Extraído de: <http://www.omnichegroup.pue-mx.com/pdf/61.pdf>
11. *Fichas Internacionales de Seguridad Química* . 2003. Grupo Prevenir Consulting. España. Extraído de: <http://www.grupoprevenir.es/fichas-seguridad-sustancias-quimicas/0567.htm>
12. *Guía de buenas prácticas en impregnación de medera, Tomo 1: Seguridad y salud ocupacional* . 2007. Producción más Limpia (P+L). Ministerio Ferederal de Cooperación Económica y Desarrollo. Uruguay.
13. *Guía de buenas prácticas en impregnación de medera, Tomo 2: Gestión ambiental y producción más limpia* . 2007. Producción más Limpia (P+L). Ministerio Ferederal de Cooperación Económica y Desarrollo. Uruguay.
14. *Guía para seleccionar respiradores* . 2008. 3M. Divisición de Saludo Ocupacional y Seguridad Ambiental.
15. *Hoja de Seguridad de Materiales* . 2001. Proquimsa. Extraído de:
16. *Legislación Ambiental Guatemalteca* . 2009. Naciones Unidas-UN.

17. *Lo que debemos saber sobre maderas impregnadas con CCA* . 2011. American Wood Preserver Association. Uruguay. Extraído de: <http://www.madexpress.com.uy/lo-que-debemos-saber-sobre-maderas-impregnadas-con-cca>
18. *Madera preservada con creosota en obras civiles* . 2007. Centro de Transferencia Tecnológica de Madera (CTT). Extraído de: <http://www.cttmadera.cl/wp-content/uploads/2007/08/microsoft-word-madera-preservada-con-creosota-en-obras-civiles.pdf>
19. *Madera útil, madera duradera* . 2009. Western Wood Preservers Institute (WWPI). Extraído de: <http://www.softwood.org/pdfpubs/WWPI-1MS.pdf>
20. *Manual de legislación ambiental de Guatemala*. 1999. Instituto de Derecho Ambiental y Desarrollo Sostenible- IDEADS-. Programa de las naciones unidas para el medio ambiente. Guatemala.
21. *Minimal Risk Levels (MRLs)*. 2010. Agency for Toxic Substances and Disease Registry- ATSDR. EE.UU.
22. *Preservantes de Madera*. 2011. INKABOR. Perú. Extraído de: [http://www.inkabor.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=17%3Apre-servante-de-madera&catid=6&Itemid=4&lang=es](http://www.inkabor.com/index.php?option=com_content&view=article&id=17%3Apre-servante-de-madera&catid=6&Itemid=4&lang=es)
23. *Pressure-Treated Wood FAQs*. 2011. Simpson Strong-Tie Company. Extraído de: <http://www.strongtie.com/productuse/ptwoodfaqs.html>
24. *Seminario Impregnación de Pino Radiata en Chile* . 2008. Escuela de Arquitectura de la Universidad Católica y la Fundación Copec-UC. Extraído de: <http://www.cttmadera.cl/wp-content/uploads/2008/01/seminario-8-enero-08.pdf>
25. *Tetraborato de Disodio, Decahidratado*. 1997. <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/501a600/nspn0567.pdf>
26. *ToxGuide for Borom* . 2011. Agency for Toxic Substances and Diseases Registry- ATSDR. Departament of Health and Human services Public Heath Service. EE.UU.
27. *Toxical profile for boron* . 2010. ATSDR- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. U.S. Departament of Helth and Human Services, Public Health Service .
28. *Tratamiento de la madera contra agentes bióticos, los clásicos y la nueva generación* . 2010. Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera (AITIN)
29. *Tratamiento de la madera contra agentes bióticos, los clásicos y la nueva generación* . 2010. Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera (AITIN)
30. *Tratamiento* . 2011. Asociación Traviesa de Madera (ASTRAMA). Extraído de:
31. *Ácido Bórico* . 2011. EcuRed. Cuba. Extraído de: [http://www.ecured.cu/index.php/%C3%81cido\\_b%C3%B3rico](http://www.ecured.cu/index.php/%C3%81cido_b%C3%B3rico)

32. ALECO, *Bactericida* , se encuentra en <http://www.alecoconsult.com/index.php?id=bactericidas>
33. American Wood Protection Association (AWPA). <http://www.awpa.com/index.asp>
34. BigMat. *Viguetas y bovedilla de hormigón* . Se encuentra en: [http://www.bigmat.es/pdfs/03\\_vigueta.pdf](http://www.bigmat.es/pdfs/03_vigueta.pdf)
35. Camino Castro, Edison, 2010. *Informe Pericial* . Extraído de: [http://ingedisoncamino.com/images/stories/pdf/ingenieria\\_forense/pcp-pirifos\\_informe\\_pericial.pdf](http://ingedisoncamino.com/images/stories/pdf/ingenieria_forense/pcp-pirifos_informe_pericial.pdf)
36. Campos, R. 2007. *Madera* . Perú. Se encuentra en: <http://www.monografias.com/trabajos48/maderas/maderas2.shtml>
37. Departamento de salud y servicio humanos. 2001. *pentaclorofenol* . Estados Unidos. Se encuentra en: <http://www.cvs.saude.sp.gov.br/pdf/toxfaq149.pdf>
38. Hérnan. 2010 *Preservación de Madera*. Mayo 27. <http://maderapreservacion.blogspot.com/2010/05/sustancias-preservantes.html>
39. Hispanetwork. 2007. *Madera rolliza*. Se encuentra en <http://ciencia.glosario.net/agricultura/madera-rolliza-11538.html>
40. [http://www.proquimsaec.com/PDF/HojaSeguridad/HS\\_Borax\\_Decahidratado.pdf](http://www.proquimsaec.com/PDF/HojaSeguridad/HS_Borax_Decahidratado.pdf)
41. Infobosques. 2009. *Madera aserrada*. Se encuentra en: <http://www.infobosques.com/descargas/biblioteca/150.pdf>
42. Lafuente, German. 2008. *Preservante de Madera a Base de Boro*. Quiborax. Extraído de: <http://germanlafuente.blogspot.com/2008/07/preservante-de-madera-en-base-boro.html>
43. Monaghan, Greg . 2007. *Solid color deck stains: trends, substrates, and formulation study*. Julio 1. Extraído de: <http://www.thefreelibrary.com/Solid+color+deck+stains%3a+trends%2c+substrates%2c+and+formulation+study-a0166995535>
44. Olmedo C. 2007. *Creosota, un riesto en la madera*. Extraído de: [http://www.guardiacivil.org/revista/758/articulo\\_1.pdf](http://www.guardiacivil.org/revista/758/articulo_1.pdf)
45. Quimatic S.A. *Preservante*. Chile. Se encuentra en: <http://www.quimatic.cl/industria-alimenticia/preservantes.html>
46. Real Academia Española, *Diccionario de la lengua española* , vigésima segunda edición, se encuentra en: <http://www.rae.es/rae.html>
47. Richardson, B.A. 1978. *Wood Preservation*. The construction press. Lancaster: England. Extraído de: [http://www.worldlingo.com/ma/enwiki/es/Wood\\_preservation](http://www.worldlingo.com/ma/enwiki/es/Wood_preservation)
48. Universidad Autónoma de México, *Hoja de seguridad III* , se encuentra en: <http://www.quimica.unam.mx/IMG/pdf/3hshcl.pdf>

49. Universidad de California, *Creosota, lo que usted necesita saber* , se encuentra en:  
[http://www.losh.ucla.edu/losh/resources-publications/fact-sheets/creosota\\_espanol.pdf](http://www.losh.ucla.edu/losh/resources-publications/fact-sheets/creosota_espanol.pdf)
50. Universidad de Jaume I de Castellón, *Lección 17Proceso de adsorción* , se encuentra en:  
<http://www.agua.uji.es/pdf/leccionHQ17.pdf>
51. Word Reference, *Diccionario de la lengua española*, se encuentra en  
<http://www.wordreference.com>

## 12. GLOSARIO

### A

**Ácido Clorhídrico (HCl):** El ácido clorhídrico es una disolución acuosa de cloruro de hidrógeno. Es un líquido de color amarillo (por presencia de trazas de fierro, cloro o materia orgánica) o incoloro con un olor penetrante.

**Ácido Salicílico (C<sub>7</sub>H<sub>6</sub>O<sub>3</sub>):** Es un sólido incoloro que tiende a cristalizar en forma de aguja.

**Adsorción:** Proceso mediante el cual se extrae materia de una fase y se concentra sobre la superficie de otra fase, generalmente sólida. La sustancia que se concentra en la superficie o se adsorbe se llama “adsorbato” y la fase adsorbente se llama “adsorbente”.

**Albura:** Capa blanda, de color blanquecino, que se halla inmediatamente debajo de la corteza en los tallos leñosos o troncos de los vegetales gimnospermos y angiospermos dicotiledóneos, formada por los anillos anuales más jóvenes.

**Anhídrido:** Se dice del producto formado por una combinación del oxígeno con un elemento no metal y que, al reaccionar con el agua, da un ácido.

**Anhidro:** Sustancia que no contiene agua.

**Antraceno:** es un hidrocarburo aromático policíclico. A temperatura ambiente se trata de un sólido incoloro que sublima fácilmente.

**Arista:** Borde, esquina. Línea que resulta de la intersección de dos superficies, considerada por la parte exterior del ángulo que forman.

**Autoclave:** Para el proceso de tratamiento de madera, se trata de un equipo con sellado hermético utilizado para generar condiciones específicas de presión y temperatura.

### B

**Bactericida:** Sustancia que produce la muerte de bacterias

**Biodegradación:** Resultado de los procesos de digestión, asimilación y metabolización de un compuesto orgánico llevado a cabo por bacterias, hongos, protozoos y otros organismos.

**Boratos:** compuestos químicos que contienen boro (B) y oxígeno (O). Se producen cerca de 14 tipos diferentes, además son tóxicos para organismos que destruyen la madera.

## C

**CCA:** compuesto químico que contiene Cromo, Cobre y arsénico. Utilizado comúnmente en el tratamiento de madera por presión y brinda protección contra insectos.

**Colorimetría:** Procedimiento de análisis químico fundamentado en la medida de la intensidad del color de las sustancias.

**Creosota:** Líquido viscoso, de color pardo amarillento y sabor urente y cáustico, que se extraía del alquitrán y servía para preservar de la putrefacción las carnes, las maderas, y para otros usos.

**Cúrcuma:** Especia oriental de color amarillento, utilizada como componente del curry.

**Cutánea:** Del cutis o la piel o relativo a ellos.

## D

**Densímetro:** Este instrumento consiste en un flotador que posee un vástago delgado que sobresale de la superficie del líquido. Mientras más denso es el líquido más sobresale el vástago. El vástago es graduado en unidades de densidad.

**Difusión:** Fenómeno que ocurre cuando una sustancia remanente en la parte superficial de una pieza de madera, penetra en ella y se distribuye balanceadamente dentro de la pieza. Depende del grosor, densidad, contenido de humedad y el coeficiente de difusión de la madera.

**Disodio-Octaborato Tetrahidratado:** Tipo de borato que es utilizado para el tratamiento de madera. Su formula molecular es  $\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ . Este no está a la venta pública en Centroamérica.

**Disolver:** Proceso de separa partículas de un cuerpo sólido o espeso por medio de un líquido, hasta lograr una mezcla homogénea.

**Duramen:** Parte más seca, compacta y de color más oscuro por lo general, del tronco y ramas gruesas de un árbol.

## E

**Embalaje:** Caja o cubierta con que se resguardan los objetos que han de transportarse.

Espectrometría: interacciones con partículas de radiación o a una respuesta a un campo alternante o frecuencia variante.

**Etanol:** Compuesto orgánico incoloro conocido comúnmente como alcohol etílico. Soluble en agua y se utiliza como disolvente.

**Etanolamina:** es un compuesto químico orgánico que es tanto una amina primaria, (debido a un grupo amino en su molécula) como un alcohol primario (debido a un grupo hidroxilo).

**Exudado:** Producto de la exudación, generalmente por extravasación de la sangre en las inflamaciones.

**Exudar:** Dejar que salga por sus poros o sus grietas un líquido o una sustancia viscosa.

## F

**Fenantreno:** es un hidrocarburo policíclico aromático compuesto de tres anillos fusionados bencenos.

**Fitotóxico:** Sustancia que causa un efecto adverso sobre los vegetales.

Fructosa: Endulzante natural obtenido de la fruta que es tolerada por muchos diabéticos ya que no se absorbe tan rápidamente como el azúcar blanca.

**Fungicida:** Agente que inhibe o destruye los hongos.

## G

**Granular:** Sustancia cuya masa forma granos o porciones menudas:

## H

**Hulla:** Carbón de piedra que se conglutina al arder y, calcinado en vasos cerrados, da coque.

## I

**Impregnar:** Hacer que penetren las partículas de un cuerpo en las de otro, fijándose por afinidades mecánicas o fisicoquímicas.

**Inocuo:** Que no hace daño.

## L

**Lixiviación:** Fenómeno por medio del cual una sustancia alcalina seca, se disuelve al entrar en contacto con el agua.

## M

**Madera Aserrada:** Piezas de madera maciza obtenidas por aserrado del árbol, generalmente escuadradas, es decir caras paralelas entre sí y cantos perpendiculares a las mismas.

**Madera Rolliza:** madera en bruto, en estado natural, tal como se corta, con o sin corteza.

**Madera Verde:** Madera recién cortada y completamente húmeda, con un contenido en agua de 30-33%.

**Metalurgia:** La metalurgia es la ciencia y técnica de la obtención y tratamiento de los metales desde minerales metálicos, hasta los no metálicos.

**Moldura:** Parte saliente de perfil uniforme, que sirve para adornar o reforzar obras de arquitectura, carpintería y otras artes.

## O

**Oleaginosos:** Aceitoso.

## P

**Parenquimatosa:** La Hemorragia Parenquimatosa es una colección de sangre dentro del parénquima cerebral secundaria a una rotura vascular no traumática, su gravedad es variable dependiendo del tamaño, tiempo de evolución y localización del hematoma.

**Pentaclorofenol:** Esta sustancia se utiliza fundamentalmente como agente protector de la madera, y como biocida en albañilería y en la industria textil para la prevención de ataques funguicidas y bacterianos.

**Preservante:** Sustancia que inhibe la propagación de microorganismos tales como bacterias y hongos. Por lo general se utiliza para prolongar la vida útil de un producto.

**Punto de Saturación:** Hace referencia al punto máximo de concentración.

## R

**Rodenticidas:** es un pesticida que se utiliza para matar o eliminar, controlar, prevenir, repeler o atenuar la presencia o acción de los roedores, en cualquier medio.

## S

**Sassolita:** O sasolita es la forma mineral del ácido bórico.

**Soleras:** Madero asentado de plano sobre fábrica para que en él descansen o se ensamblen otros horizontales, inclinados o verticales.

## T

**Tebuconazole:** es un fungicida orgánico que pertenece al grupo de los triazoles. Posee acción preventiva, curativa y erradicante. Es sistémico e inhibe la biosíntesis del ergosterol del hongo.

**Tendal:** Poste en el cual se coloca una cubierta de tela para hacer sombra.

**Tincal:** Borax crudo.

**Tincalconita:** Borax si se deja reposar al aire libre, pierde lentamente su hidratación y se convierte en tincalconita

**Transversal:** Que se halla o se extiende atravesado de un lado a otro.

## V

**Vagoneta:** Vagón pequeño y descubierto utilizado para el transporte de objetos.

**Viguetas:** Elemento prefabricado longitudinal resistente, diseñado para soportar carga producidas en forjados de pisos o cubiertas.

**Volatilización:** Acción y efecto de volatilizarse.

## X

**Xilófago:** Se dice de los insectos que roen la madera