

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL**

**Evaluación de la calidad de la madera utilizada en viviendas de interés social financiadas por el Banco Hipotecario de la Vivienda (BANHVI) en Costa Rica.**

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERA FORESTAL CON EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIATURA**

**Rudy Daniela Bello Balladares**

**CARTAGO, COSTA RICA, 2019**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL**

**Evaluación de la calidad de la madera utilizada en viviendas de interés social financiadas por el Banco Hipotecario de la Vivienda (BANHVI) en Costa Rica.**

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERA FORESTAL CON EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIATURA**

**Rudy Daniela Bello Balladares**

**CARTAGO, COSTA RICA, 2019**

## RESUMEN

Rudy Daniela Bello Balladares<sup>1</sup>

El objetivo del presente trabajo fue desarrollar una propuesta metodológica de evaluación de calidad de madera en viviendas de interés social para el Banco Hipotecario de la Vivienda (BANHVI); para ello se realizó una revisión bibliográfica y se aplicaron entrevistas a expertos en secado, preservado, calidad visual, transporte y almacenaje de madera; además, se analizó información existente de evaluaciones hechas en viviendas de interés social, así como las normas nacionales e internacionales; esto permitió elaborar un manual de lineamientos de calidad y una propuesta metodológica ajustada a los requerimientos del BANHVI. Una vez realizada dicha propuesta se procedió a su aplicación en campo. En total se evaluaron 680 piezas de madera en planta que se distribuyen entre la Asociación de Desarrollo Integral del territorio Indígena de Bribri (ADITIBRI) y dos empresas dedicadas a la construcción de viviendas de interés social, Eco-houses y SOMABACU. Respecto a la variable contenido humedad, la madera importada de *Pinus radiata* evaluada presentó mejores resultados en comparación a la madera local de *Cordia alliodora*. En relación con el preservado de la madera, los resultados de la prueba de espectroscopia de absorción atómica, mostraron que existe deficiencia en el preservado de la madera evaluada. Por último, se determinó que el manual de lineamientos abarca cinco variables con los requerimientos para aplicar y comprender la estandarización de la madera. Asimismo, las variables de interés incluidas en la propuesta metodológica responden a aspectos técnicos mínimos a ser evaluados para determinar la calidad de la madera de uso constructivo. Con la implementación de este estudio se busca generar una herramienta que brinde las especificaciones mínimas de calidad y que a su vez facilite su evaluación.

**Palabras clave:** Metodología, madera aserrada, construcción.

---

<sup>1</sup> Bello-Balladares, R., D. (2019). Evaluación de la calidad de la madera utilizada en viviendas de interés social financiadas por el Banco Hipotecario de la Vivienda (BANHVI) en Costa Rica. (Tesis de Licenciatura en Ingeniería Forestal). Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.

## ABSTRACT

The objective of this work was to develop a methodological proposal for the evaluation of wood quality in low-income housing for the Mortgage Bank of Housing (BANHVI); For this, a bibliographic review was carried out and interviews were used from experts in drying, preservation, visual quality, transport and storage of wood; In addition, existing information from evaluations made in social housing was analyzed, as well as national and international standards; This allowed us to prepare a manual of guidelines on quality and a methodological proposal adjusted to the BANHVI requirements. Once this proposal was made, it was applied in the field. In total, 680 pieces of wood were evaluated from plants distributed between the Integral Development Association of the Indigenous Territory of Bribri (ADITIBRI) and two companies dedicated to the construction of social housing: Eco-houses and SOMABACU. As to the variable of humidity content, the imported *Pinus radiata* wood produced better results in comparison to the local wood of *Cordia alliodora*. As to the preservation of the wood, the results of the atomic absorption spectroscopy test showed that there is a deficiency in the preservation of the evaluated wood. Finally, it was determined that the guidelines manual covers five variables with the requirements to apply and understand the standardization of wood. Likewise, the variables of interest included in the methodological proposal respond to minimum technical aspects to be evaluated to determine the quality of the wood for constructive use. With the implementation of this study, we seek to generate a tool that will provide users with the minimum specifications of quality in order to facilitate its evaluation.

**Keywords:** Methodology, quality, construction.



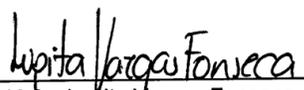
Esta obra está bajo la licencia de Creative Commons Reconocimiento-No comercial 4.0 Internacional.

## ACREDITACIÓN

Trabajo final de graduación defendido públicamente ante el Tribunal Evaluador integrado por M.Sc. Lupita Vargas Fonseca, MBA. Diego Camacho Cornejo, M.Sc. Cynthia Salas Garita y M.Sc. Pamela Quirós Espinoza como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Forestal, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

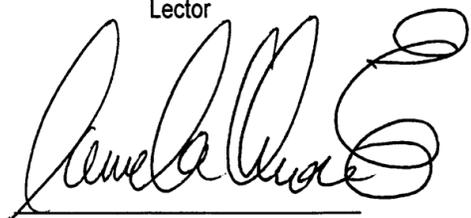
**“Evaluación de la calidad de la madera utilizada en viviendas de interés social financiadas por el Banco Hipotecario de la Vivienda (BANHVI) en Costa Rica.”**

### Miembros de Tribunal Evaluador

  
M.Sc. Lupita Vargas Fonseca.  
Directora de Proyecto

  
MBA. Diego Camacho Cornejo.  
Lector

  
M.Sc. Cynthia Salas Garita  
Lectora

  
M.Sc. Pamela Quirós Espinoza.  
Lectora

  
M.Sc. Dorian Carvajal Venegas  
Coordinador Trabajos  
Finales de Graduación

  
Rudy Daniela Bello Balladares  
Estudiante

## DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a mi abuelita Gregoria Chang Pérez quien fue mi compañera de juegos, mi mejor consejera y ahora mi ángel guardián.

*“Bendito el que confía en el Señor, y pone su esperanza en él. Será como árbol plantado a la orilla del agua, que junto a la corriente echa sus raíces, y no teme cuando viene calor, sino que su hoja está verde; y en el año de sequía no se fatiga, ni deja de dar fruto.”*

*Jeremías 17:7-8.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Banco Hipotecario de la Vivienda (BANVHI), por la oportunidad de realizar este trabajo.

A todos los profesionales que colaboraron Cinthya Salas, Alexander Berrocal, Freddy Muñoz, Manuel Vargas, María José Paniagua, Monzerrath Rivera y Diego Camacho.

A los miembros de la Asociación de Desarrollo Indígena de Bribri (ADITIBRI) por su cordialidad y disposición durante la toma de datos en la zona.

Al Programa de Regionalización del TEC, al coordinador Diego Camacho Cornejo y doña Isabel Watson, por el apoyo financiero.

A la profesora Lupita Vargas Fonseca, por sus consejos, paciencia y el apoyo brindado durante este proceso.

Un agradecimiento especial a Olga Cubero Castro y al profesor Diego Camacho Cornejo, por su confianza y sus valiosos consejos durante estos últimos años.

A mis amigas de la universidad Irene Corrales, Elvira Retana y Nadia Berrocal por su compañerismo y las experiencias que vivimos juntas.

## ÍNDICE GENERAL

<b>RESUMEN</b> .....	<b>I</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>II</b>
<b>ACREDITACIÓN</b> .....	<b>III</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>IV</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>V</b>
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	<b>VIII</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b> .....	<b>X</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>2</b>
Objetivo general .....	2
Objetivos específicos .....	2
<b>HIPÓTESIS</b> .....	<b>2</b>
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>3</b>
<b>Uso de madera en viviendas de interés social en Costa Rica</b> .....	<b>5</b>
<b>La madera y sus propiedades constructivas</b> .....	<b>6</b>
<b>Antecedentes de manuales de calidad de madera en viviendas de interés social.</b> .....	<b>7</b>
Normativa para la madera de uso estructural en Costa Rica .....	8
Normativa para la madera de uso estructural en otros países .....	9

<b>Antecedentes históricos de metodologías de evaluación de calidad en viviendas de interés social .....</b>	<b>10</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>12</b>
<b>Enfoque de la investigación.....</b>	<b>12</b>
<b>Selección de la muestra .....</b>	<b>12</b>
<b>Elaboración de un manual de lineamientos de calidad de madera en viviendas de interés social para el Banco Hipotecario de la Vivienda .....</b>	<b>12</b>
<b>Adaptación de una metodología base de evaluación de calidad de madera en viviendas de interés social ajustada a los requerimientos del Banco Hipotecario de la Vivienda .....</b>	<b>14</b>
<b>Aplicación en campo de la metodología de evaluación de calidad de madera en viviendas de interés social para el Banco Hipotecario de la Vivienda.....</b>	<b>16</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>20</b>
<b>1. Elaboración del Manual de lineamientos de calidad de la madera en viviendas de interés social para el Banco Hipotecario de la Vivienda. ....</b>	<b>20</b>
<b>2. Adaptación de una metodología de evaluación de calidad de madera en viviendas de interés social ajustada a los requerimientos del Banco Hipotecario de la Vivienda. ....</b>	<b>24</b>
<b>3. Aplicación de la propuesta metodológica de evaluación de calidad de madera en viviendas de interés social para el Banco Hipotecario de la Vivienda.....</b>	<b>26</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>55</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>56</b>

REFERENCIAS .....	57
ANEXOS .....	63

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Distribución de piezas evaluadas en los sitios en estudios proveedores de la madera para la construcción de viviendas de interés social en Costa Rica. ....	26
Cuadro 2. Distribución de las piezas evaluadas en nueve ebanistas de la ADITIBRI en Talamanca, Limón, Costa Rica. ....	27
Cuadro 3. Estadísticos descriptivos según producto para la variable espesor y ancho en 100 piezas de <i>P. radiata</i> en la empresa Eco-houses, Alajuela, Costa Rica. ....	29
Cuadro 4. Estadísticos descriptivos según producto para la variable longitud en 100 piezas de <i>P. radiata</i> en la empresa Eco-houses, Alajuela, Costa Rica. ....	30
Cuadro 5. Resultados de prueba colorimétrica realizada en tres muestras de <i>P. radiata</i> en la empresa Eco-houses, Alajuela, Costa Rica. ....	34
Cuadro 6. Resultados de análisis químico para la retención del cobre en madera de <i>P. radiata</i> de la empresa Eco-houses, Alajuela, Costa Rica. ....	35
Cuadro 7. Estadísticos descriptivos según producto para la variable espesor y ancho en 475 piezas de <i>C. alliodora</i> en ADITIBRI, Limón, Costa Rica. ....	37
Cuadro 8. Estadísticos descriptivos según producto para la variable longitud en 475 piezas de <i>C. alliodora</i> en ADITIBRI, Limón, Costa Rica. ....	38
Cuadro 9. Resultados de comparación con prueba Tukey del contenido de humedad en nueve ebanistas de ADITIBRI, Limón, Costa Rica. ....	44
Cuadro 10. Resultados de prueba colorimétrica realizada en tres muestras de <i>C. alliodora</i> en ADITIBRI, Limón, Costa Rica. ....	45

Cuadro 11. Resultados de análisis químico para la retención del cobre en madera de <i>C.alliodora</i> en ADITIBRI, Limón, Costa Rica.....	46
Cuadro 12. Estadísticos descriptivos según producto para la variable espesor y ancho en 105 piezas de <i>C. alliodora</i> y <i>Pinus</i> sp. en la empresa SOMABACU, Limón, Costa Rica.....	48
Cuadro 13. Estadísticos descriptivos según producto para la variable longitud en 105 piezas de <i>C. alliodora</i> y <i>Pinus</i> sp. en la presa SOMABACU, Limón, Costa Rica. ....	49
Cuadro 14. Resultados de prueba colorimétrica realizada en tres muestras de <i>C. alliodora</i> y <i>Pinus</i> sp. en la empresa SOMABACU, Alajuela, Costa Rica. ....	53

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de tres sitios evaluados con la metodología de evaluación de la calidad de la madera para viviendas de interés social en Costa Rica.....	17
Figura 2. Control de contenido de humedad para 100 piezas de <i>P. radiata</i> en la empresa Eco-houses, Alajuela, Costa Rica. ....	31
Figura 3. Distribución de defectos en 100 piezas de <i>P. radiata</i> en la empresa Eco-houses, Alajuela, Costa Rica. ....	32
Figura 4. Distribución por clases de calidad en 100 piezas de <i>P.radiata</i> en la empresa Eco-houses, Alajuela, Costa Rica.....	33
Figura 5. Control de contenido de humedad para 475 piezas de <i>C. alliodora</i> en ADITIBRI, Limón, Costa Rica.....	39
Figura 6. Distribución de defectos en 475 piezas de <i>C. alliodora</i> en ADITIBRI, Limón, Costa Rica.....	41
Figura 7. Distribución por clases de calidad en 475 piezas de <i>C. alliodora</i> en ADITIBRI, Limón, Costa Rica.....	42

Figura 8. Control de contenido de humedad para 105 piezas de <i>C. alliodora</i> en la empresa SOMABACU, Limón, Costa Rica. ....	50
Figura 9. Distribución de defectos en 105 piezas de <i>C. alliodora</i> y <i>Pinus</i> sp. en la empresa SOMABACU, Limón, Costa Rica. ....	51
Figura 10. Distribución por clases de calidad en 105 piezas de <i>C.alliodora</i> y <i>Pinus</i> sp. en la empresa SOMABACU, Limón, Costa Rica.....	52

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Cuestionarios guía para la elaboración del manual de lineamientos de calidad de la madera. ....	63
Anexo 2. Cuestionario guía para la elaboración de la metodología de evaluación de calidad de la madera.....	67
Anexo 3. Manual de lineamientos de calidad de la madera en viviendas de interes social para el Banco Hipotecario de la Vivienda. ....	68
Anexo 4. Propuesta metodológica de evaluación de la calidad de la madera en viviendas de interés social para el Banco Hipotecario de la Vivienda.....	139
Anexo 5. Especificaciones de dimensiones suministradas por la empresa Eco-houses. ....	177
Anexo 6. Especificaciones de dimensiones suministradas por la empresa SOMABACU. ....	180
Anexo 7. Planos de diseño de las viviendas suministrado por la empresa SOMABACU. ....	181
Anexo 8. Certificado de preservado de la madera de pino amarillo del sur de la empresa SOMABACU.....	182

Anexo 9. Resultados de análisis químico realizado por LAMBDA para la empresa Eco-houses y SOMABACU. ....	183
Anexo 10. Mapa de distribución de nueve ebanistas evaluados en ADITIBRI Talamanca, Limón, Costa Rica. ....	184
Anexo 11. Especificaciones de dimensiones suministradas por la Asociación de Desarrollo Integral Territorio Indígena de Bribri.....	185
Anexo 12. Planos de diseño de las viviendas suministrado por la Asociación de Desarrollo Integral Territorio Indígena de Bribri. ....	187
Anexo 13. Resultados de análisis químico realizado por LAMBDA para retención de perseverante en <i>Cordia alliodora</i> . ....	188
Anexo 14. Resultados de p-value con prueba de Shapiro-wilks en nueve ebanistas de ADITIBRI, Limón, Costa Rica.....	189
Anexo 15. Resultado de p-value en la prueba de análisis de varianza del Contenido de humedad para nueve ebanistas de ADITIBRI, Limón, Costa Rica. ....	189
Anexo 16. Resultados de comparación con prueba Tukey del Contenido de humedad en nueve ebanistas de ADITIBRI, Limón, Costa Rica.....	190

## INTRODUCCIÓN

La madera ha perdido posicionamiento como material de construcción y su uso se ha direccionado principalmente como material de apoyo, sustituida por materias primas como el concreto, muros secos, plásticos, entre otros (Coto, 2015). Álvarez (2015) señala que el ser humano se debe concientizar hacia un cambio cultural sostenible en temas de diseño arquitectónico y constructivo, donde el uso de la madera, como material de construcción, desempeña principios de sostenibilidad y además es un material con parámetros científicos aptos para lograr la calidad en la evolución constructiva.

Saleh (2013) se refirió a la madera como un material de construcción de calidad con grandes ventajas de empleabilidad, versatilidad y de bajo valor en el proceso de transformación energética. En este contexto, Trujillo, Carrete, Vera y García (2011), enfatiza que la calidad debe regularse con el cumplimiento de las especificaciones al que una materia prima se dirija. Sin embargo, a pesar de las ventajas del uso de la madera dentro del contexto constructivo, Camacho-Padilla (2014) destaca la falta de divulgación de las bondades de la madera y el potencial que tiene este material para la construcción de viviendas de interés social.

En Costa Rica el uso de la madera en construcción de viviendas y estructuras públicas toma fuerza en la actualidad (Coto-Portuguez, 2015); no obstante, se debe encontrar la sinergia entre el estado y las organizaciones empresariales privadas para lograr infraestructuras de calidad (Miranda, Owen, Pérez, Sulbaran, Ballester & Ríspoli, 2010). El Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos de Costa Rica (2014), menciona dentro de sus desafíos la evaluación sistemática de la calidad constructiva en infraestructura de vivienda, particularmente en proyectos de interés social y del Programa de Bono Colectivo. Por tanto, este estudio busca generar una

herramienta que brinde las especificaciones mínimas de calidad de la madera y que a su vez facilite su evaluación.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Desarrollar una propuesta metodológica de evaluación de calidad de madera en viviendas de interés social para el Banco Hipotecario de la Vivienda (BANHVI) en Costa Rica.

### **Objetivos específicos**

- Elaborar un manual de lineamientos de calidad de madera en viviendas de interés social para el Banco Hipotecario de la Vivienda.
- Adaptar una metodología base de evaluación de calidad de madera en viviendas de interés social ajustada a los requerimientos del Banco Hipotecario de la Vivienda.
- Aplicar la propuesta metodológica de evaluación de calidad de madera en viviendas de interés social para el Banco Hipotecario de la Vivienda.

## **HIPÓTESIS**

Hn: La metodología propuesta no es adecuada para la evaluación de la calidad de la madera.

Ha: La metodología propuesta es adecuada para la evaluación de la calidad de la madera.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### **Antecedentes históricos de las viviendas de interés social en Latinoamérica**

Fernández y Gómez (2009) mencionaron que existe una necesidad creciente para la construcción de viviendas, que ha incrementado de forma exponencial en las últimas décadas sobre todo en los países en vías de desarrollo, donde la población tiene una tasa de crecimiento elevada, mucho mayor que en los países desarrollados.

The American Development Bank (2012) indicó que la región sufre tanto de una escasez de viviendas como de problemas de calidad, que comprenden desde la falta de títulos de propiedad a paredes hechas de materiales de desecho como el cartón, pisos de tierra y la ausencia de acceso a redes de agua potable y saneamiento.

La carencia de viviendas en Latinoamérica es un hecho identificado, a pesar de los esfuerzos que han realizado los diferentes gobiernos del continente ya que el déficit habitacional se mantiene. La búsqueda de soluciones a la insuficiencia de viviendas sociales ha dejado espacios vacíos entre las políticas implementadas en los diferentes países y las empresas constructoras privadas (Baena & Olaya, 2013). En el caso de Colombia, el gobierno ha buscado controlar el déficit al imponer estándares mínimos de participación para los promotores y las entidades financieras. Las firmas de diseño pueden decidir aumentar la innovación para mejorar la calidad (Baena & Olaya, 2013).

Un aspecto clave que se ha descuidado en las políticas de vivienda es la calidad; con el afán de reducir el déficit cuantitativo se ha permitido la entrada al mercado de un gran número de soluciones de baja calidad. Esto no solo reduce la vida útil de las

casas, sino que también, la calidad del entorno urbano se ve perjudicada y por lo tanto no permite un progreso económico de los estratos más bajos (Baena & Olaya, 2013).

Otro aspecto que interfiere en el ascenso de un sitio es la selección estratégica de la ubicación de los asentamientos, ya que la mayoría carecen de áreas de comercio, educación, cultura y recreación, por lo que se convierten en domicilios aislados de la ciudad, lo que aumenta los costos de vida (Vargas & Akihito, 2014). Sin embargo, para efectos de este documento el enfoque se limita a la calidad de la madera empleada en la construcción de las viviendas.

A pesar de reconocer la calidad de los materiales como una deficiencia en las viviendas sociales Torres y Torres (2009) señalaron la necesidad urgente de identificar tecnologías para la construcción de viviendas sociales que sean compatibles con las necesidades habitacionales de la población. Es decir, es preciso conocer el contexto ambiental, social y cultural para brindar la mejor solución habitacional posible. Para ello, es vital la intervención del gobierno por medio de programas que demanden una ejecución adecuada de los proyectos de viviendas. Por ejemplo, en México el gobierno logró influir significativamente en el tipo de vivienda que se construirá, mediante cambios en las reglas de operación del programa de subvenciones y esto conlleva que las empresas encargadas de las obras promuevan el desarrollo urbano ordenado y sostenible, para mejorar el beneficio de los consumidores. Es probable que la nueva política del gobierno favorezca más la vivienda vertical que la vivienda horizontal tradicional (Vargas y Akihito, 2014).

## **Uso de madera en viviendas de interés social en Costa Rica**

En Costa Rica hasta principios del siglo pasado, las necesidades de vivienda fueron resueltas a través del sector privado o de la autoridad local municipal. La Constitución Política de la República del año 1949, consagra el rol del Estado en la facilitación de vivienda y el derecho a la misma. Producto de ello, se impulsó el desarrollo de las primeras urbanizaciones de interés social (MIVAH, 2014).

En 1986, nace el Sistema Financiero Nacional para la Vivienda (SFNV) y el Banco Hipotecario de la Vivienda (BANHVI), por medio de la Ley N°7052. Esta ley, se considera un hito fundamental en el campo de la vivienda de interés social, pues dio paso a la participación de nuevos actores (banca, cooperativas, mutuales, fundaciones) en los procesos de ahorro, subsidio y financiamiento de las soluciones de vivienda y proyectos habitacionales para grupos de bajos ingresos (MIVAH, 2014). El recuento de las familias que han sido beneficiadas gracias a su existencia es de más de 300 mil, lo que equivale a aproximadamente 1 250 000 personas. Esto significa que casi un 30% del total de la población ha tenido acceso a vivienda por medio de un subsidio estatal (MIVAH, 2014).

La Fundación Costa Rica-Canadá, describe en su página web, el proyecto El Porvenir, ubicado en Matina, Limón, Costa Rica; donde se fundaron 230 viviendas en madera, sobre bases de concreto y columnas de madera, con una elevación de un metro de altura. Los materiales que se utilizaron son sostenibles y de calidad garantizada a largo plazo; además, son antisísmicas y permiten un factor térmico que brinda una temperatura óptima de acuerdo con la región. Con este proyecto se beneficiaron más de 1000 limonenses.

Asimismo, la presidencia de la república de Costa Rica en su página web describe un proyecto de 88 viviendas sociales en la comunidad de Noche Buena, Turrialba, Cartago; la entidad autorizada encargada de desarrollar las obras fue MUCAP financiada por el BANHVI. Como material principal se utilizó la madera ya que, la institución lo considera clave para luchar contra el cambio climático (Mora, 2017), tal afirmación concuerda con una valoración ambiental, económica y socio-cultural realizada en Cartago para tres tipos de viviendas sociales construidas con diferente material: mampostería, concreto prefabricado y madera. Como conclusión, las viviendas de madera presentaron competitividad económica y mayor sostenibilidad (Camacho, 2014).

Gracias a instituciones como el BANHVI que apoyan la construcción sostenible, está cambiando la forma y materiales con que se construye en Costa Rica (Chavarría-Castro, 2014). El BANHVI busca mejorar la calidad de las viviendas financiadas con recursos del Estado y además promueve el subsidio de proyectos sociales en zonas rurales y de difícil acceso, un ejemplo claro es el desarrollo de tres proyectos ubicados en la provincia de Limón, específicamente en el territorio indígena de Bribri, el territorio indígena de Tjai-Cabecar y en el poblado de Cartagena.

### **La madera y sus propiedades constructivas**

Lizán (2018) mencionó que existen edificios todavía en pie de hace 1200 años construidos con madera. También los indígenas en Costa Rica utilizaron la madera, por ejemplo, Montoya, Carvajal y Salas (2009) describen las construcciones MaleKu como habitaciones construidas de pesados maderos rollizos.

El uso de madera como material de construcción es aconsejable ya que se encuentra disponible en distintas partes del mundo y sobre todo incentiva la explotación local de cada territorio de forma controlada, Lizán (2018). Entre sus propiedades se destacan la absorción de ondas acústicas que genera un espacio silencioso, reduciendo el estrés de sus habitantes; su baja conductividad térmica y la posibilidad de incrementar el aislamiento en el resto de los sistemas constructivos, hace que sea el material número uno en los países con temperaturas extremas, (Lizán, 2018).

Por último, es importante mencionar que es un material sostenible en comparación con el concreto, acero, plásticos, aluminio, entre otros; los cuales requieren de mayores consumos de energía para su producción, generan más contaminación, residuos y alto impacto ambiental (Carmona & Miranda, 2013).

### **Antecedentes de manuales de calidad de madera en viviendas de interés social.**

En Chile se desarrolló el proyecto “Diseño por Envolvente para la Vivienda de Madera: Innovación Tecnológica para fomentar el uso del *Pinus radiata* en Chile” que ayudó a brindar las especificaciones que se plantearon en el “Manual de Diseño: Construcción, Montaje y Aplicación del Muro Envolvente” (Salazar, 2008). Este manual describe información de diseño, preservado, contenido de humedad, entre otros, no obstante, la empleabilidad se limita al diseño por envolvente que se plantea en la investigación (Durán y Ubilla, 2012). Otro ejemplo en Chile es “El Manual: La Construcción de Viviendas en Madera” que se pretende contribuya a incentivar más la utilización de la madera en la construcción (Fritz, 2004).

En Costa Rica el Ministerio de Vivienda y Asentamiento Humanos publicó en su página web las Especificaciones técnicas y lineamientos para la escogencia de tipologías arquitectónicas para la construcción de vivienda y obras de urbanización, en el

apartado de características mínimas de vivienda de interés social se menciona que, para el uso de madera estructural en techos, la madera debe ser de primera calidad y estar debidamente tratada contra insectos y contra la humedad (MIVAH, 2003).

El país goza de uno de los mejores códigos sísmicos del mundo y un Manual de uso de la madera para la construcción, donde se mencionan los lineamientos en cuanto a tolerancia de dimensiones, protección, contenido de humedad, riesgo ante sismos, así como requisitos para el control de calidad (Coto-Portuguez, 2015). Otro ejemplo en el país es el Manual de mantenimiento de casas con madera que busca aconsejar sobre el cuidado respectivo de las viviendas (Mora, 2016).

Existe información técnica disponible sobre distintos tipos de madera, que pueden ser aprovechados en un futuro por arquitectos, ingenieros civiles o diseñadores. Por ejemplo, “Tecnología de madera de plantaciones forestales: Fichas técnicas”, que contiene información de diez especies forestales en el país, así como datos de propiedades físicas, mecánicas, químicas, secado, preservado, durabilidad y trabajabilidad de la madera (Moya, Muñoz, Salas, Berrocal, Leandro & Esquivel, 2010).

### **Normativa para la madera de uso estructural en Costa Rica**

El Ministerio de Economía, Industria y Comercio bajo el acuerdo N° 114-MEIC-2017 mencionó en el artículo 1 el reconocimiento como ente nacional de normalización al Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO), (Procuraduría General de la República, 2018). Actualmente INTECO cuenta con 12 normas relacionadas con la madera entre las que destacan, Madera estructural. Clasificación en grados estructurales para la madera aserrada mediante una evaluación visual (INTE C100:2011), Madera laminada y encolada estructural (Glulam). Requisitos (INTE C270:2018), Preservación de madera. Terminología. (C98: 2018). No obstante, para

efectos de esta investigación son relevantes las siguientes: Norma de terminología de maderas (INTE C98:2015) y Madera aserrada para uso general. Requisitos (INTE C99:2014). Para la elaboración de estas normas se usaron como referencia la norma ASTM D9-12 y NTC 1305 respectivamente (Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica, 2014).

Es importante mencionar, que Costa Rica cuenta con un Código Sísmico el cual contiene información respecto a la carga y resistencia de este material, generalidades sobre la clasificación previa del material, el contenido de humedad, el acabado y la clasificación (Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica, 2010)

### **Normativa para la madera de uso estructural en otros países**

En España la Asociación Española de Normalización y Certificación publicó en su página web las normas UNE basadas en la normativa europea, entre ellas las más importantes se mencionan, Terminología. Parte 1: términos generales comunes a la madera aserrada y a la madera en rollo (UNE-EN 844-1), Terminología. Parte 3: Términos generales relativos a la madera aserrada (UNE-EN 844-3) y Madera estructural. Dimensiones y tolerancias (UNE-EN 336). También se encuentra la norma de clasificación visual de la madera aserrada para uso estructural; esta última se limita solamente a madera de coníferas (UNE 56544:2007) (Asociación Española de Normalización y Certificación, 2016).

En Chile el Instituto Nacional de Normalización dispone de 76 normas técnicas para construcción con madera entre ellas: Defectos a considerar en la clasificación, terminología y métodos de medición (NCh 992:1972), Procedimiento y criterios de evaluación para clasificación (NCh 993:1972), Preservación, clasificación, composición y requisitos de los preservantes para madera (NCh 790:2012),

Terminología general (NCh 173:2008), entre otros. (Instituto Nacional de Normalización, 2018).

Las normas American Society for Testing and Materials (ASTM) contienen ocho apartados distintos respecto a la madera. Un ejemplo es: Standard Terminology Relating to Wood and Wood-Based Products (D9-12) (American Society for Testing and Materials, 2018).

En Colombia se cuenta con el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (INCOTEC), donde se mencionan las siguientes normas relacionadas a la investigación: Maderas. Clasificación de maderas aserradas (NTC 1305) y Madera. Madera preservada. Clasificación y requisitos (NTC 2083) (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2016).

### **Antecedentes históricos de metodologías de evaluación de calidad en viviendas de interés social**

Los métodos de evaluación sirven como una herramienta de calificación y un instrumento que proporcionan indicadores cuantitativos del desempeño (Quesada, 2014). La evaluación de la calidad en la madera se ha implementado por medio de normas. Por ejemplo, en España, Capuz, Capuz, García, Rodríguez, Martínez y Díez (2011) realizaron una evaluación de la madera estructural, por medio de una inspección visual y se aplicó del protocolo establecido en la norma UNE-EN 56544:2007.

La situación en Uruguay es más crítica, Baño y Moya (s.f.) indicaron que en las construcciones se ha empleado madera de producción nacional carente de

especificaciones técnicas y siguiendo lineamientos establecidos en reglamentos extranjeros, ya que no existen códigos y normativas de construcción nacional.

Por otra parte, en Chile se utiliza una guía de inspección técnica de obras para viviendas, donde se aclaran las especificaciones a ser valoradas, el número de visitas de campo y los aspectos a ser evaluados en cada visita (Ministerio de Vivienda y Urbanismo de Chile, 2011). También, se han hecho esfuerzos para comparar métodos que evalúan la edificación residencial que poseen influencia a nivel internacional como BREEAM, LEED, CASBE y QUALITET, para generar una base que sirva en futuros desarrollos (Quesada, 2014).

En Costa Rica la técnica de construcción con madera no es muy utilizada o bien no se han generalizado los procedimientos. Sin embargo, cuenta con un Manual de inspección de casas con madera que tiene el propósito de orientar un control integral de todos los elementos que la constituyen (Mora, 2016). Asimismo, la Escuela de Ingeniería Forestal del Tecnológico de Costa Rica elaboró un manual titulado estándares de calidad visual de madera aserrada en Costa Rica, el cual describe la aplicación y uso de la norma INTE C99:2014 y INTE C98: 2015, y ha sido divulgado a través de diferentes proyectos de extensión.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Enfoque de la investigación**

El presente proyecto es del tipo mixto con un enfoque cualitativo y cuantitativo. La recolección de la información fue por medio de entrevistas y evaluaciones de la madera en diferentes sitios entre los meses de julio y agosto del 2018.

### **Selección de la muestra**

El tipo de muestra es no probabilística o dirigida; se utilizó el criterio de la muestra de expertos y de máxima variación, para obtener información eficaz, que respalde y sustente el contenido del manual y la metodología propuesta en esta investigación. Los expertos fueron seleccionados de un listado previo de académicos del Tecnológico de Costa Rica y de empresas con experiencia en el desarrollo de proyectos de construcción con madera.

Una vez seleccionados los expertos en la temática de secado, contenido de humedad en la madera, preservación, clasificación visual, transporte y almacenaje en sitio de acopio, se procedió a contactarlos vía correo electrónico o por teléfono para definir la fecha de la entrevista.

### **Elaboración de un manual de lineamientos de calidad de madera en viviendas de interés social para el Banco Hipotecario de la Vivienda**

La información para elaborar el manual se obtuvo de dos fuentes: revisión de bibliografía y entrevista a expertos en el tema de secado, contenido de humedad en la madera, preservación, clasificación visual, transporte y almacenaje en sitio de acopio.

- Revisión de literatura

Para la revisión de literatura se consultó en distintas fuentes, entre ellas, libros, tesis, artículos científicos, páginas web, normas internacionales y las normas INTE C98: 2015, INTE C99:2014, INTE C333: 2018 e INTE ISO 2859-1 empleadas en el país, para conocer los requerimientos establecidos en Costa Rica, así como normas de otros países, respecto a los temas de interés mencionados.

- Entrevista a expertos

Las entrevistas aplicadas fueron del tipo no estructurado (Anexo 1); se confeccionó un cuestionario con preguntas abiertas, cuya finalidad consistió en que los entrevistados se sintieran cómodos al expresarse y facilitaran con mayor detalle la información requerida. Para elaborar los cuestionarios fue necesaria la búsqueda de literatura en cada uno de los temas de interés. Una vez identificados los expertos, se procedió a aplicar las entrevistas. Las entrevistas se aplicaron de la siguiente manera:

- Dos entrevistas a profesionales del Tecnológico de Costa Rica, con amplia experiencia en el secado y almacenaje de madera.
- Una entrevista a un profesional con amplia experiencia en el preservado de la madera.
- Dos entrevistas a profesionales con experiencia en el transporte de la madera.

- Análisis de la información

Las entrevistas se transcribieron con la herramienta de Word 2016, con el programa Atlas.ti. Se codificó la información para luego generar categorías de estudio.

- Elaboración del manual

Categorizada la información de las entrevistas se procedió a relacionar los resultados con los requerimientos derivados de la revisión de literatura, para redactar el manual de lineamientos relativos a cada capítulo establecido: secado y contenido de humedad en la madera, tolerancia de dimensiones y clasificación visual, preservado de la madera, transporte de madera y almacenaje en sitio de acopio, a través de Word 2016. Este servirá como una herramienta de consulta técnica que sustente los requerimientos de la propuesta metodológica.

### **Adaptación de una metodología base de evaluación de calidad de madera en viviendas de interés social ajustada a los requerimientos del Banco Hipotecario de la Vivienda**

- Revisión de literatura

Para elaborar la metodología se obtuvo información a través de la revisión de bibliografía y la aplicación de encuestas a expertos en los temas de interés: secado y contenido de humedad en la madera, tolerancia de dimensiones y clasificación visual, preservado de la madera, transporte de madera y almacenaje en sitio de acopio. También se buscó información a nivel nacional sobre las exigencias de calidad y evaluaciones que se ejecuten actualmente en las viviendas con madera.

- Elaboración y aplicación de las entrevistas

Las entrevistas aplicadas son del tipo no estructurado (Anexo 2). Se confeccionó un cuestionario con preguntas abiertas, con el fin de que los encuestados se sintieran cómodos al expresarse y facilitaran con mayor detalle la información requerida. Para elaborar los cuestionarios fue necesaria la búsqueda de literatura en cada uno de los

temas de interés. Una vez identificados los expertos, se aplicó la entrevista de la siguiente manera:

- Dos entrevistas a profesionales del Tecnológico de Costa Rica con experiencia en la aplicación de la norma INTE C99:2014 Madera aserrada para uso general. Requisitos. y la norma INTE C98:2015 Terminología de maderas en Costa Rica.

Respecto a los entrevistados, el Ingeniero Diego Camacho Cornejo participó en la elaboración de las normas, además ha realizado esfuerzos para que estas sean implementadas en el país, en pro de aumentar la competitividad en términos de calidad y generar mayor igualdad en el mercado de la construcción de viviendas de madera. Por su parte la Ingeniera Monzerrath Rivera Tenorio, ha participado en la aplicación de la norma INTE C99:2014 Madera aserrada para uso general. Requisitos y la norma INTE C98:2015 Terminología de maderas en Costa Rica en proyectos del BANVHI.

Ambos profesionales cuentan con experiencia en la evaluación de viviendas construidas en madera para el BANHVI. Asimismo, se revisaron los informes generados por evaluaciones previas en dos proyectos financiados por el BANHVI con la finalidad de considerar las recomendaciones planteadas. Estos proyectos son: Don Sergio ubicado en Las Horquetas, Sarapiquí, Heredia, aprobado en el año 2015 y el proyecto Colinas de Noche Buena ubicado en Turrialba, Cartago, aprobado en el año 2017.

- Análisis de la información

Se transcribieron las entrevistas con la herramienta de Word 2016, para luego ser analizadas por medio de la codificación de la información y generar categorías de estudio con el programa Atlas.ti.

- Elaboración de la metodología de evaluación

Producto de la información recolectada en las entrevistas y la revisión de los informes, así como, el manual de lineamientos, se elaboró una propuesta metodológica de evaluación de calidad de madera en viviendas de interés social ajustada a los requerimientos del Banco Hipotecario de la Vivienda.

La base de esta metodología se fundamentó en el procedimiento planteado por el Ingeniero Diego Camacho Cornejo titulado “Metodología de evaluación de la calidad de la madera en proyectos construidos con madera” la cual fue utilizada en los informes anteriores.

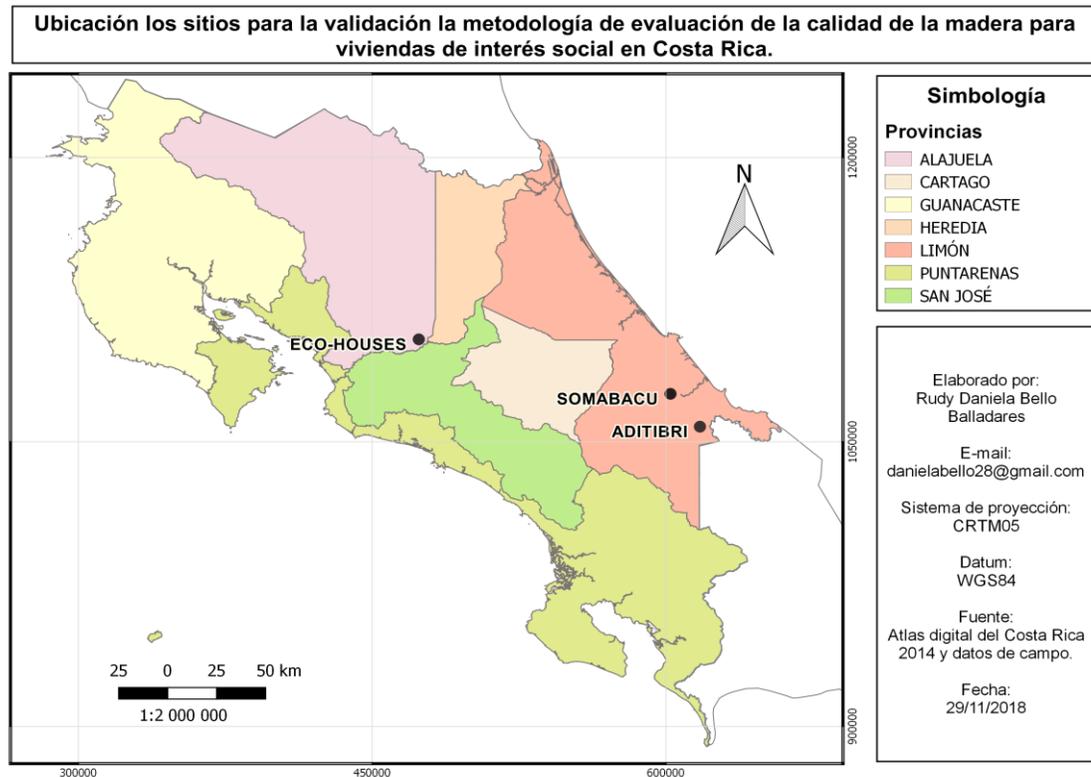
### **Aplicación en campo de la propuesta metodológica de evaluación de calidad de madera en viviendas de interés social para el Banco Hipotecario de la Vivienda.**

La metodología propuesta se aplicó en una asociación y dos empresas desarrolladoras de proyectos de viviendas de interés social en la provincia de Limón. Los proyectos evaluados fueron elegidos según la disponibilidad de proyectos activos durante el mes de agosto del 2018 y recomendados por el subgerente de operaciones del mismo periodo. Una vez ajustada la metodología, y mejorada con la experiencia de campo, se procedió a enviarla a dos entrevistados para conocer la pertinencia de los ítems evaluados.

- Sitios de estudio

Se realizó la evaluación en los productos de madera aserrada disponibles en las empresas Eco-houses y SOMABACU encargadas de suministrar y construir viviendas de interés social y en la Asociación de Desarrollo Integral del territorio Indígena de Bribri (ADITIBRI) que se encuentra incursionando en el suministro de madera para

construcción de viviendas sociales. Asimismo, se evaluó lotes de madera aserrada destinados a la construcción de casas de interés social. La ubicación de los sitios se detalla en la figura 1.



**Figura 1.** Ubicación de tres sitios evaluados con la metodología de evaluación de la calidad de la madera para viviendas de interés social en Costa Rica.

Para el caso de ADITIBRI, esta asociación cuenta con once ebanistas inscritos oficialmente, con los que ha trabajado en conjunto para suministrar madera destinada la construcción de viviendas de interés social. De estos 11 ebanistas la metodología se aplicó a nueve, considerando los ubicados en un radio de 10 km aproximadamente de las instalaciones de la asociación, la ubicación de los ebanistas muestreados se puede observar en el Anexo 10. La intensidad de muestreo utilizada fue del 82%, se decidió utilizar este tamaño de muestra para asegurar la representatividad de todas

las áreas y obtener con certeza la calidad de la madera utilizada en la zona, ya que como lo indica Santamaría (2015) la madera producida localmente no es clasificada según normas nacionales o internacionales de calidad, algo que, si ocurre con la madera importada, ante esto, se pretende generar aportes que mejoren el proceso.

La aplicación de la metodología en los tres sitios en estudio se realizó de la siguiente manera:

- a. Se evaluó el contenido de humedad de la madera.
- b. Se evaluaron las dimensiones y calidad visual de la madera, antes de realizar la carga.
- c. Se evaluó la penetración del preservante en la madera.
- d. Se tomaron las muestras para la retención de preservante en la madera.

- Análisis de la metodología por los expertos

Se envió la metodología por correo electrónico a los dos expertos encuestados para el análisis y aporte de mejoras en cuanto a las variables sugeridas, el orden de los ítems y su percepción respecto a la interpretación de la metodología. Finalizada la recopilación de información de los aportes, se analizó las observaciones y se procedió a incorporar los elementos y cambios asertivos.

- Recolección de muestras y variables medidas

Para la aplicación de la propuesta metodológica, se realizó un muestreo simple aleatorio. La metodología fue aplicada en 475, 100 y 105 piezas de madera en ADITIBRI, Eco-houses y SOMABACU respectivamente, para un total de 680 piezas evaluadas. En cada pieza se tomaron las dimensiones de espesor, ancho y longitud con cinta métrica. Igualmente, para cada pieza se midió el contenido de humedad con un higrómetro y se anotó el defecto visual más representativo según la norma INTE C99: 2014.

Respecto a la medición de la penetración del preservante en la madera, se tomaron 3 muestras de diferentes piezas en cada sitio en estudio, a las cuales se les realizó una prueba colorimétrica con el reactivo Cromo-azurol; por otra parte, para la evaluación de la retención del preservante se recolectó una muestra de 12 piezas, las cuales fueron enviadas al laboratorio químico LAMBDA para conocer la cantidad de elemento activo en  $\text{kg/m}^3$ .

- Análisis estadístico de la información

El análisis de la información producto de los datos obtenidos de las mediciones de las variables espesor, ancho, longitud y contenido de humedad se realizó por medio de estadística descriptiva con la herramienta Excel 2016. Además, se realizó un análisis de varianza para el contenido de humedad con el programa InfoStat 2018.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### **1.Elaboración del Manual de lineamientos de calidad de la madera en viviendas de interés social para el Banco Hipotecario de la Vivienda.**

Como objetivo general del presente proyecto se planteó desarrollar una propuesta metodológica de evaluación de calidad de madera en viviendas de interés social para el BANVHI, por lo que fue necesario considerar la confección de un manual que complementa dicha metodología. Este manual contiene los lineamientos técnicos genéricos que se identifican como indispensable cuando se trata de asegurar la calidad de la madera que se utiliza en la construcción de viviendas (Anexo 3).

A través de los resultados de las entrevistas a los expertos seleccionados se estableció una serie de lineamientos para el secado, contenido de humedad, preservado, transporte y almacenaje en sitio de acopio de la madera para construcción de viviendas de interés social. En lo concerniente a la variable dimensional y calidad visual de la madera se utilizó las normas aplicables para Costa Rica.

En relación con el secado de la madera los profesionales entrevistados coincidieron en los dos tipos de secado predominantes en el país, el secado al aire y el secado artificial en horno convencional. Sin embargo, destacaron que el secado convencional es más costoso, lo que implica que el precio final de la madera seca se incrementa hasta en un 30% en relación con el precio del producto seco al aire. Aun así, ambos encuestados concordaron que el método artificial garantiza el abastecimiento de madera seca al mercado de la construcción, ya que el secado al aire depende de diversos factores ambientales, como la velocidad del aire, la humedad relativa y la temperatura en el ambiente, lo que prolonga el secado de las piezas por al menos seis meses aproximadamente. Bergman (2010) indica que la clave para un secado exitoso

y eficiente es el control del proceso de secado, caso contrario, conduce a defectos que pueden afectar negativamente la capacidad del servicio y la economía del producto. No obstante, con una buena organización, el manejo de inventarios precisos y un stock de material disponible, es posible emplear el secado al aire. Es importante mencionar que el secado de la madera es de relevancia no solo por la estabilidad dimensional del producto que será utilizado sino porque los parámetros de resistencia (elasticidad y ruptura) aumentan en la madera seca hasta en un 25-30% con relación a la madera húmeda.

Respecto a los defectos visuales de la madera, en la norma INTE C99:2014 Madera aserrada para uso general. Requisitos, se estableció una tabla de tolerancia de defectos para madera seca, donde se incluye la arqueadura, el acanalado, la encorvadura y las torceduras; defectos que según los entrevistados pueden minimizarse con la técnica de apilado horizontal. Esta técnica, fue mencionada como preferida al aprovechar mejor el espacio en comparación con la técnica de apilado vertical o caballete y por presentar menor cantidad de defectos. Adicionalmente, se recomendó un apilado sistemático, donde se cuiden aspectos como el tamaño y disposición de los separadores, ubicación de las pilas respecto a la dirección del viento, protección de las cabezas de las piezas con pintura de aceite, aislamiento de la madera contra el suelo, entre otros.

Los expertos concuerdan con Bergman (2010), quien recomienda instalar la madera a los niveles de contenido de humedad donde será utilizada. Además, las piezas como emplantillados, vigas, columnas deben presentar un contenido de humedad similar al del sitio de construcción.

Con respecto al preservado de la madera el experto indicó que existen dos métodos de preservado, los que se realizan a presión y sin presión. Indicó que los métodos a

presión requieren de equipo especializado para su aplicación lo que implica un mayor costo, pero son ideales al permitir el control del proceso de preservado. En madera para uso estructural se pueden utilizar ambos métodos, esto dependerá del uso final que tenga, por lo que se debe considerar si estará en un ambiente seco o húmedo y en contacto directo con el suelo o aislada.

Según el experto el método de preservado, es un aspecto a considerar cuidadosamente, de esto dependerá la retención y penetración del elemento activo en la madera. El experto recomendó que la retención se mida en  $\text{kg/m}^3$  de elemento activo considerando que los rangos varían según el producto. En términos generales recomendó también una retención de 1 a 5  $\text{kg/m}^3$  para madera de uso interior y de 6 a 8  $\text{kg/m}^3$  para madera en exterior y en condiciones de ambientes marinos.

Con relación a la penetración del preservante, el experto afirmó que la albura debe ser penetrada al 100%, aunque señaló que existe el inconveniente con las maderas tropicales, por ser más difíciles de preservar, a pesar de ello, con el uso de métodos a presión es posible; así lo evidencia un estudio realizado por Moya-Roque *et al.* (2010) donde afirman que la preservación con presión en madera de albura es posible en nueve especies tropicales de rápido crecimiento en plantaciones y de interés comercial en Costa Rica. Además, entre los resultados de ese estudio se afirma que con el uso del método de inmersión difusión se logra la preservación de nueve especies, tanto para madera de albura como de duramen.

El experto mencionó la importancia de aplicar un adecuado procedimiento durante la preservación, ya que con un buen preservado se garantiza la durabilidad del material con un mínimo de 30 años. De no considerarse el uso de madera preservada, las pérdidas resultantes podrían ser altas si se compara con los costos del tratamiento ya que la duración del servicio de las maderas tratadas puede ser cinco veces mayor

o más (FAO, s.f.).

Por otra parte, en relación con el transporte de la madera los entrevistados coinciden que se debe realizar un buen uso de flejes y eslingas que permitan mantener la estabilidad de la carga durante el traslado al sitio de construcción. Así como el uso de un capote o lona que proteja la madera de la lluvia. Los profesionales mencionaron la importancia de distribuir de forma adecuada el peso de la carga en el camión, con un acomodo planificado, para garantizar la estabilidad durante el viaje. Además, indicaron el uso de herramientas como listas de comprobación para agilizar y llevar un mayor control en el proceso de carga.

Los entrevistados concuerdan que durante una carga manual debe existir una persona encargada de dirigir y guiar, ya que de esta forma se agiliza el proceso y se evitan posibles accidentes. Con respecto a la carga mecánica la maquinaria debe estar bajo la responsabilidad de una persona capacitada, para evitar movimientos bruscos que pueden generar accidentes, adicionalmente, el equipo encargado de realizar la carga de madera debe contar con protección personal.

En relación al almacenaje en campo cuatro de los entrevistados mencionaron la necesidad de una infraestructura con techo tipo bodega abierta o semi-abierta, para proteger la madera de la lluvia y la radiación ultravioleta.

## **2. Adaptación de una metodología de evaluación de calidad de madera en viviendas de interés social ajustada a los requerimientos del Banco Hipotecario de la Vivienda.**

Mientras el manual busca facilitar información y complementar desde un aspecto técnico, la metodología de evaluación, muestra el procedimiento de medición de las variables secado, preservado, calidad dimensional, calidad visual, transporte y almacenamiento de madera en obra. La metodología se encuentra disponible en el Anexo 4.

El resultado de las entrevistas permitió complementar el contenido de las variables incluidas en la metodología, así como los procedimientos para ser empleada en campo.

Referente al momento en que debería aplicarse la evaluación en general, se sugirió que debe realizarse durante la construcción de las casas, cuando el material aún no ha sido instalado y deben evitarse evaluaciones una vez construidas las viviendas, ya que un cambio significaría agregar más costos al proyecto. Se recomienda una comunicación asertiva entre el evaluador y el evaluado, sobre la disponibilidad de la madera en el campo y los días de transporte desde la planta al sitio de construcción.

Entre las evaluaciones hechas por los encuestados se mencionan las siguientes: contenido de humedad en la madera, tolerancia de dimensiones en las piezas, tolerancia de defectos en las piezas, preservado de la madera, calidad del adhesivo en la madera y la manipulación de la madera en el área de construcción. En cuanto a la evaluación en obra construida se debe observar los defectos de acabado en las viviendas e identificar los focos de humedad ya sea producto de goteras o aislamiento inadecuados. Entre las variables descritas, los expertos concordaron en que la mayor

dificultad se da en la toma de muestras para analizar la retención del preservante en la madera donde es necesario la obtención de los tarugos con un barreno.

Por otra parte, los expertos mencionaron que la manipulación de la madera es quizás una de las deficiencias más observadas en campo, esto porque en algunos casos se coloca la madera directamente en el suelo o se tiran las piezas como si fueran blocks de concreto; los expertos han atribuido esto a la falta de cultura que existe en el país de construir con este material, por lo cual recomendaron realizar evaluaciones que ayuden a controlar la calidad de la madera utilizada en las construcciones ya que en caso contrario, se podría subestimar o desestimar el uso de la madera en la construcción. Chávez, Hernández y Ruiz (2010) mencionan que la determinación de la calidad de la madera es una actividad no acostumbrada, debido a la ignorancia de su efecto sobre el total de una obra.

Los expertos destacaron el uso de madera importada en las construcciones de las viviendas; esto se confirma con un estudio realizado por Chavarría-Navarro y Molina-Murillo (2018) donde se entrevistó a 77 ingenieros y arquitectos dedicados al sector construcción, quienes aseguraron abastecer este mercado con madera importada principalmente “por la escasez de madera local y la buena calidad de la importada”. También se confirmó que los diseños utilizados hasta ahora se basaron en los gustos de los clientes y que debido a una “disminución en el precio de los productos sustitutos”, se optó por el uso de estos materiales por encima de la madera local. No obstante, la madera producida localmente no es clasificada según normas nacionales o internacionales de calidad, algo que sí ocurre con la madera importada (Santamaría, 2015).

### 3. Aplicación de la propuesta metodológica de evaluación de calidad de madera en viviendas de interés social para el Banco Hipotecario de la Vivienda.

#### Piezas de madera evaluadas en los sitios de estudio

Se evaluaron en total 680 piezas de madera en planta que se distribuyeron entre las fabricadas por Asociación de Desarrollo Integral del territorio Indígena de Bribri (ADITIBRI) y dos empresas dedicadas a la construcción de viviendas de interés social, Eco-houses y SOMABACU. La distribución de las piezas muestreadas se puede observar en el cuadro 1.

**Cuadro 1.** Distribución de piezas evaluadas en los sitios en estudios proveedores de la madera para la construcción de viviendas de interés social en Costa Rica.

Empresa	Ubicación	Especie	Nº de piezas
Eco-houses	Guácima, Alajuela	Pino Chileno ( <i>Pinus radiata</i> )	100
ADITIBRI	Talamanca, Limón	Laurel ( <i>Cordia alliodora</i> )	475
		Laurel ( <i>Cordia alliodora</i> )	85
SOMABACU	Talamanca, Limón	Pino Amarillo del Sur ( <i>Pinus</i> sp.)	20

En el cuadro 1 se observa que la especie con mayor número de piezas es el laurel, puesto que es la especie más común utilizada en la zona para la construcción de viviendas.

En el cuadro 2 se muestran los ebanistas a quienes se les aplicó la metodología, la distribución de las piezas y el número de productos evaluados.

**Cuadro 2.** Distribución de las piezas evaluadas en nueve ebanistas de la ADITIBRI en Talamanca, Limón, Costa Rica.

<b>Identificación de la Ebanistería</b>	<b>Nombre del propietario</b>	<b>Número de piezas</b>	<b>Productos evaluados</b>
1	Abel Pita	64	3
2	Biterbo	54	3
3	David	64	3
4	Isidro	40	3
5	Laura	64	3
6	Mauricio	40	3
7	Rafael	75	3
8	Asociación	34	2
9	Waldino	40	2

En ADITIBRI se valoraron 14 productos, entre los que sobresalieron forro, piso y marco de puerta, estos productos se evaluaron en los diferentes talleres. Respecto a las empresas privadas evaluadas, en Eco-houses se muestrearon 100 piezas de 10 productos, y en SOMABACU se evaluaron 105 piezas de 10 productos diferentes. En los apartados siguientes se detallará los productos evaluados, así como los resultados del análisis de las variables: espesor, ancho, longitud, contenido de humedad, penetración y retención del preservante en la madera para cada uno de los sitios de muestreo.

### **3.1. Evaluación del espesor, ancho, longitud, contenido de humedad, calidad visual y preservado en 100 piezas de madera de *Pinus radiata* en la empresa Eco-houses, Alajuela, Costa Rica**

#### 3.1.1. Evaluación de espesor, ancho, longitud y contenido de humedad

La norma INTE C99:2014 establece en la tabla número 3, tres clases de calidad, describe un el grado de tolerancia en ( $\pm$  mm) para cada clase respecto a la variable espesor y ancho; estas mismas se evaluaron en 100 piezas procesadas por la empresa Eco-houses y que fueron destinadas para la construcción de viviendas de interés social en Cartagena, Limón, Costa Rica.

Los datos recolectados fueron analizados estadísticamente y sus resultados se muestran en el cuadro 3. Además, se clasificaron de acuerdo a las clases de calidad que establece la norma.

**Cuadro 3.** Estadísticos descriptivos según producto para la variable espesor y ancho en 100 piezas de *P. radiata* en la empresa Eco-houses, Alajuela, Costa Rica.

Especificación por pieza	n	Espesor			Ancho		
		Promedio	E (±)	CV %	Promedio	E (±)	CV %
Balaustres 41 x 41 x 800	14	43,33	0,15	1,54	42,48	0,15	1,56
Cadenillo 41 x 140 x 3200	9	43,48	0,49	2,66	140,74	0,22	0,37
Columna A 127 x 115 x 3050	10	126,37	0,51	0,56	117,23	0,57	0,68
Columna C 127 x 115 x 2440	10	125,73	0,70	1,10	117,60	0,48	0,81
Columna D 127 x 115 x 3050	6	126,39	0,64	0,65	116,22	0,88	0,99
Huellas 41 x 140 x 960	8	43,58	0,74	2,34	140,21	0,68	0,67
Pasamano 41 x 90 x 3200	13	43,15	0,89	3,42	92,69	1,32	2,35
Poste 65 x 65 x 1060	10	66,80	0,27	1,18	68,50	0,25	1,06
Tablero 41 x 140 x 700	10	41,67	1,05	3,54	140,03	0,53	0,53
Tablero 41 x 140 x 820	10	41,63	0,19	1,33	139,87	0,34	0,71

De los resultados se destaca la variabilidad entre las especificaciones brindadas y las piezas muestreadas, los tres productos que presentaron mayor número de piezas en la clase 2 y 3 son las huellas, los balaustres y el cadenillo. Tal afirmación se refleja en el cuadro 3 donde, por ejemplo, se observó que las huellas presentan un promedio en el espesor de 43,58 mm con un error absoluto de  $\pm 0,74$  por lo que todas las piezas superaron el  $\pm 2$  mm de diferencia que solicita la norma INTE C99:2014 para la clase 3. En el caso del coeficiente de variación en general no superó el 4%, coincidiendo en los porcentajes de clasificación por clases donde el 54, 8 y 2%, respectivamente pertenecen a la clase 1, 2 y 3.

En relación al ancho, cuando se realizó la clasificación por clases de calidad la mayoría de las piezas cumplieron con los requerimientos establecidos, ya que el 59% se clasificó en clase 1, el 21 y 20% en clase 2 y 3, respectivamente. Los resultados

más deficientes de la clasificación estuvieron en los postes, los pasamanos y los balaustres que, a su vez presentaron los mayores porcentajes en el coeficiente de variación, con un máximo de 2,35%. Por otra parte, las piezas también fueron clasificadas por clases de acuerdo a la longitud y sus resultados se presentan en el cuadro 4.

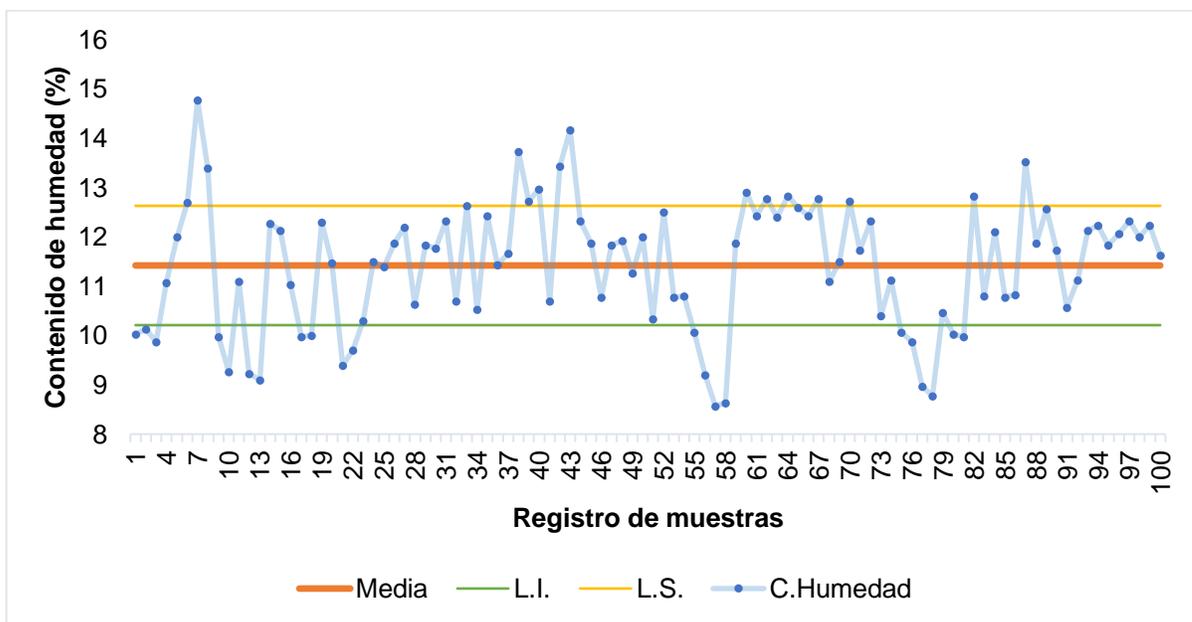
**Cuadro 4.** Estadísticos descriptivos según producto para la variable longitud en 100 piezas de *P. radiata* en la empresa Eco-houses, Alajuela, Costa Rica.

Especificación por pieza	n	Longitud		
		Promedio	E (±)	CV %
Balaustres 41 x 41 x 800	14	803,86	0,17	0,10
Cadenillo 41 x 140 x 3200	9	3204,89	0,89	0,07
Columna A 127 x 115 x 3050	10	3203,40	0,60	0,03
Columna C 127 x 115 x 2440	10	2442,90	0,44	0,04
Columna D 127 x 115 x 3050	6	3204,33	0,63	0,03
Huellas 41 x 140 x 960	8	963,00	0,55	0,08
Pasamano 41 x 90 x 3200	13	3205,54	0,80	0,04
Poste 65 x 65 x 1060	10	1068,00	0,00	0,00
Tablero 41 x 140 x 700	10	702,10	1,24	0,25
Tablero 41 x 140 x 820	10	822,80	0,14	0,05

En el cuadro anterior se muestra que el promedio de los productos fue superior a la especificación brindada por la empresa, aunque el coeficiente de variación fue menor al 1%, cuando se realizó la clasificación el 36% de las piezas se clasificaron como clase 1, el 34% en clase 2 y el 30% en clase 3. Además, entre los productos que se destacaron porque el total de piezas incumplieron con los requerimientos, se mencionan la columna tipo A, postes, balaustres y columna tipo D. Los trabajadores

de la empresa indicaron que el excedente en la longitud luego es eliminado en el sitio de construcción.

Por otra parte, el contenido de humedad en la madera presentó diferencias entre las piezas. En la figura 2 se muestra la distribución del contenido de humedad de las piezas muestreadas, se puede observar que el 100% de las piezas clasificaron según la norma INTE C99: 2014 como madera seca.



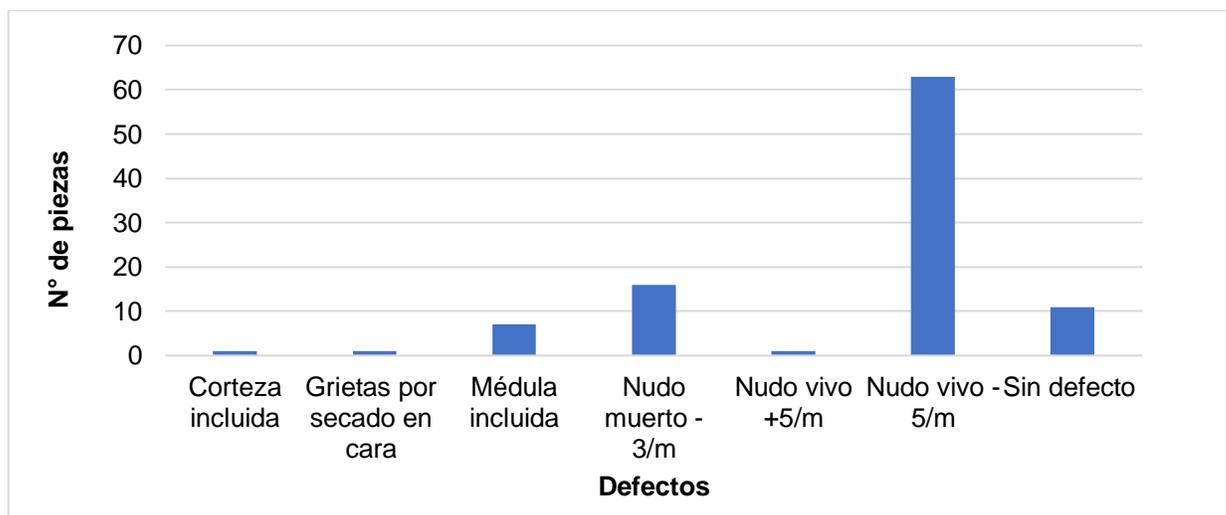
**Figura 2.** Control de contenido de humedad para 100 piezas de *P. radiata* en la empresa Eco-houses, Alajuela, Costa Rica.

Los valores del contenido de humedad de las piezas muestreadas oscilan entre el 8,57 y el 14,77%, los productos de madera muestreados se clasificaron y mantuvieron como secos principalmente por las buenas prácticas implementadas por la empresa, ya que como parte del manejo los trabajadores evitaron colocarla en contacto directo con el suelo, además, se almacenó bajo techo y la madera expuesta se cubrió con plástico cuando llueve.

El producto que presentó mayor porcentaje de no conformidades en las variables espesor, ancho y longitud es el balaustre con un 86, 64 y 100% respectivamente, seguido de los postes con deficiencias en el ancho y longitud. Por el contrario, la columna tipo C presentó menor porcentaje de no conformidades en las mismas variables. En relación con el contenido de humedad todos los productos cumplieron con el requisito de la norma.

### 3.1.2. Clasificación visual de la madera

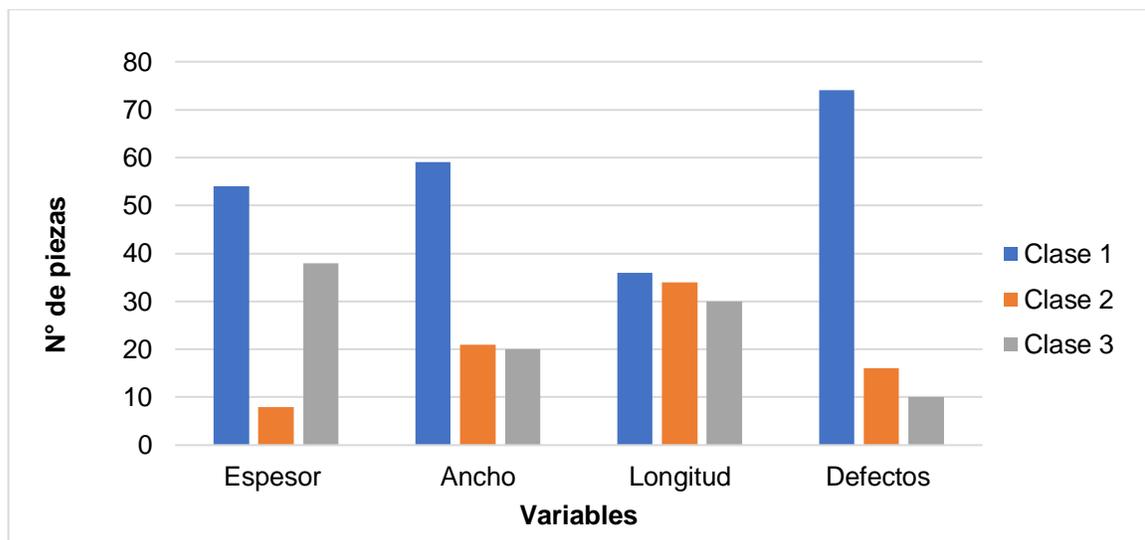
A partir de la norma INTE C99:2014 se clasificó cada pieza de madera según las tres calidades indicadas. En la figura 3 se muestra la cantidad de piezas según defectos encontrados.



**Figura 3.** Distribución de defectos en 100 piezas de *P. radiata* en la empresa Ecohouses, Alajuela, Costa Rica.

Respecto a la clasificación de la calidad, el 74% de las piezas se clasificó como clase 1, el 16% de las piezas como clase 2 y el 10% como clase 3. También, durante la toma de datos se observó que los trabajadores realizaron una clasificación previa de calidad, separando la madera que tiene menos nudos para piezas estructurales de la vivienda y las que presentaron más nudos fueron destinadas para los tableros de las paredes.

Para visualizar mejor los resultados de la clasificación de la calidad de las piezas evaluadas, en la figura 4 se presenta la distribución según el espesor, ancho, longitud y defectos.



**Figura 4.** Distribución por clases de calidad en 100 piezas de *P. radiata* en la empresa Eco-houses, Alajuela, Costa Rica.

En la figura 4 se evidencia que en la variable longitud se encontró un menor número de piezas clase 1, se debe cuidar este aspecto ya que interfiere en los requerimientos que solicita la norma. En caso de no contemplarse esta variable, 21 piezas se clasifican como calidad 1 en espesor, ancho y defectos, no obstante, cuando se incluye la longitud, solo cinco piezas cumplen con los requerimientos establecidos.

### 3.1.3. Evaluación de penetración y retención del preservante en la madera

Para evaluar la penetración del preservante en la madera se aplicó una prueba colorimétrica en 3 piezas de columnas de madera con el reactivo Cromo-azurol. Los resultados obtenidos se muestran en el cuadro 5.

**Cuadro 5.** Resultados de prueba colorimétrica realizada en tres muestras de *P. radiata* en la empresa Eco-houses, Alajuela, Costa Rica.

Empresa	Muestra	Pieza	Penetración en albura (%)	Figura
Eco-houses	1	Columna	100	
Eco-houses	2	Columna	100	
Eco-houses	3	Columna	100	

Según los datos suministrados por el proveedor de la madera de *Pinus radiata*, la madera se encuentra preservada con Koppers, Micro Pro; lo cual se determinó por medio del reactivo Cromo-Azurol, donde la muestra se tornó azulada en la albura y en el duramen sin penetración presenta un color rojizo. El cuadro 5 presenta las piezas con 100% de penetración en la albura.

Para la retención del preservante en la madera se tomaron tres muestras de diferentes productos. Los resultados del análisis de laboratorio con sus respectivos estadísticos se exhiben en el cuadro 6.

**Cuadro 6.** Resultados de análisis químico para la retención del cobre en madera de *P. radiata* de la empresa Eco-houses, Alajuela, Costa Rica.

Pieza	Cobre mg/m <sup>3</sup>	Kg/m <sup>3</sup>	Promedio	Desviación estándar	CV (%)
Columna	1349	0,001			
Pasamanos	1291	0,001	0,002	0,001	67,79
Cercha	3866	0,004			

En el cuadro 6 se observa que el promedio de retención en las piezas se encuentra por debajo del parámetro establecido por la empresa, de 3,3 kg/m<sup>3</sup> con el preservante Koppers, Micro Pro. Además, indicaron que toda la madera recibe el mismo tratamiento, por lo que no hay diferencia entre la madera que estará a la intemperie o en el interior de la vivienda.

### **3.2. Evaluación del espesor, ancho, longitud, contenido de humedad, calidad visual y preservado en 475 piezas de madera de *Cordia alliodora* para nueve ebanistas de ADITIBRI, Limón, Costa Rica.**

#### 3.2.1. Evaluación de espesor, ancho, longitud y contenido de humedad

La norma INTE C99:2014 establece en la tabla 3, tres clases de calidad, describe un el grado de tolerancia en ( $\pm$  mm) para cada clase respecto a la variable espesor y ancho; estas mismas fueron evaluadas en 475 piezas procesadas en los talleres de los ebanistas de ADITIBRI y que fueron destinadas para la construcción de viviendas de interés social en Talamanca, Limón, Costa Rica.

Los datos recolectados fueron analizados estadísticamente y sus resultados se muestran en el cuadro 7. Además, se clasificaron de acuerdo a las clases de calidad que establece la norma.

**Cuadro 7.** Estadísticos descriptivos según producto para la variable espesor y ancho en 475 piezas de *C. alliodora* en ADITIBRI, Limón, Costa Rica.

Especificación por pieza	n	Espesor			Ancho		
		Promedio	E (±)	CV %	Promedio	E (±)	CV %
Clavador 25 x 100 x 4250	20	27,33	0,19	2,41	101,80	0,48	1,63
Corona 50 x 75 x 3360	8	50,67	0,36	1,11	76,71	0,81	1,63
Corona 50 x 75 x 3780	17	50,10	0,48	2,70	79,12	0,35	1,27
Esquineros 75 x 75 x 2500	34	77,33	0,44	1,61	77,50	0,43	1,59
Forro 13 x 125 x 2500	124	15,14	0,03	12,34	129,15	0,03	1,50
Marco puerta 25 x 100 x 2500	62	26,10	0,12	3,83	102,92	0,13	1,05
Parales clavadores 50 x 75 x 2500	40	51,18	0,30	2,59	76,24	0,25	1,45
Peldaño 50 x 250 x 1100	10	54,57	0,52	2,79	254,97	1,15	1,32
Petatillo 13 x 50 x 2500	56	14,76	0,30	13,53	52,73	0,25	3,21
Piso 25 x 150 x 3100	64	27,28	0,13	4,34	149,96	0,90	5,35
Piso 25 x 150 x 3250	6	26,56	0,79	2,93	154,50	0,76	0,49
Venilla 25 x 25 x 2500	20	25,37	0,33	3,54	25,55	0,18	1,91
Viga corta 125 x 125 x 3000	5	125,60	0,77	0,80	125,60	1,43	1,49
Viga corta 125 x 125 x 3500	9	127,41	1,13	1,15	128,19	0,80	0,81

En relación con el espesor, el producto peldaño tiene una diferencia promedio respecto a la especificación de 4,57 mm, por lo cual, el total de piezas para este producto no cumplió con los requerimientos solicitados. Los productos clavador, petatillo, forro y piso también presentaron variaciones que se perciben en la clasificación por clases donde el 35% de las piezas pertenecen a la clase 1, el 9% a la clase 2 y el 55% a la clase 3.

Por otra parte, entre los productos con mayor diferencia en el ancho se encuentran el petatillo, peldaño y piso, este último producto, obtuvo el mayor coeficiente de

variación con un 5,35%. Además, presentó el mayor porcentaje de no conformidades con un 98,6%, lo que a su vez interfirió en la clasificación por clases donde el 28% de las piezas se clasifican como clase 1, el 13% en clase 2 y el 59% en clase 3. Respecto a la longitud, las piezas también fueron analizadas con estadística descriptiva y sus resultados se observan en el cuadro 8.

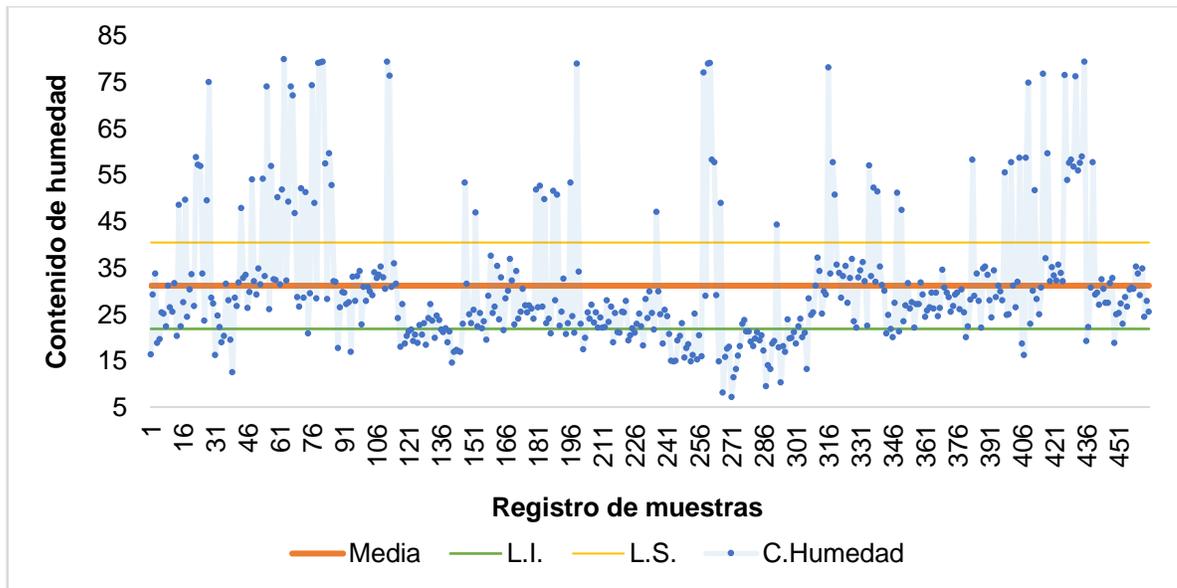
**Cuadro 8.** Estadísticos descriptivos según producto para la variable longitud en 475 piezas de *C. alliodora* en ADITIBRI, Limón, Costa Rica.

Especificación por pieza	n	Longitud		
		Promedio	E ( $\pm$ )	CV %
Clavador 25 x 100 x 4250	20	4224,05	3,47	0,29
Corona 50 x 75 x 3360	8	3554,13	46,68	2,03
Corona 50 x 75 x 3780	17	3886,59	24,91	1,82
Esquineros 75 x 75 x 2500	34	2568,50	5,38	0,60
Forro 13 x 125 x 2500	124	2616,58	0,74	1,80
Marco puerta 25 x 100 x 2500	62	2591,15	3,63	1,16
Parales clavadores 50 x 75 x 2500	40	2604,40	13,95	2,34
Peldaño 50 x 250 x 1100	10	1228,70	16,86	3,99
Petatillo 13 x 50 x 2500	56	2624,16	19,42	5,00
Piso 25 x 150 x 3100	64	3136,73	5,98	1,70
Piso 25 x 150 x 3250	6	3610,17	142,07	3,90
Venilla 25 x 25 x 2500	20	2595,20	10,54	1,12
Viga corta 125 x 125 x 3000	5	3154,20	13,57	0,57
Viga corta 125 x 125 x 3500	9	3562,11	57,33	2,09

Como se muestra en el cuadro 8 la diferencia promedio de longitud varía entre 62,11 y 360 mm. Sin embargo, todos los productos presentaron porcentajes de no conformidad superiores al 44%, esto también se observa en la clasificación por clases

donde el 5% de las piezas pertenecen a la clase 1, el 2% a la clase 2 y el 93% a la clase 3. Este resultado se debe principalmente a un excedente en las piezas que los ebanistas dejan, que luego será eliminado durante la construcción de las viviendas.

Para el contenido de humedad, el promedio entre los productos evaluados oscila entre el 17,39 y 48,76%. Se debe tener en cuenta que al momento de realizar el muestreo se midieron valores de hasta un 100%, pero estos fueron eliminados para el análisis de los estadísticos. Para visualizar mejor la distribución del contenido de humedad, los datos se presentan en la figura 5.



**Figura 5.** Control de contenido de humedad para 475 piezas de *C. alliodora* en ADITIBRI, Limón, Costa Rica.

En la figura anterior se observa que el rango para el contenido de humedad varía entre 7 y 79,8%. Del total de piezas muestreadas el 86% de las piezas se clasifican en estado verde y el 14% en estado seco. Asociado a esto se identificaron siete

productos fuera del límite superior que, además presentaron la mayor cantidad de piezas clasificadas como estado verde, entre los que destacan el forro, parales y esquineros.

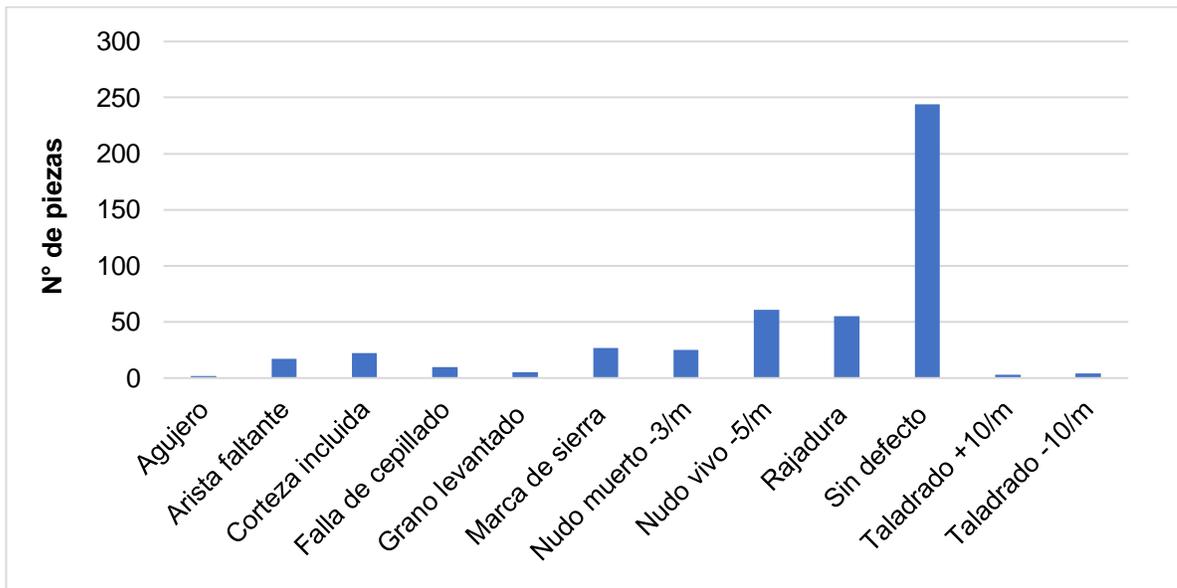
Los datos fuera del límite de control superior están presentes en los nueve talleres de ebanistería, durante las mediciones se observó que todos manejan un método de apilado diferente, la mayoría apilaba la madera en forma vertical expuesta a la intemperie y esta permanecía en contacto directo con la tierra; sin embargo, en algunos talleres la madera se encontraba bajo techo y apilada horizontalmente.

Los ebanistas indicaron que el método de secado utilizado es al aire; sin embargo, a pesar de que el promedio del contenido de humedad está cerca al punto de saturación de la fibra, no se puede asegurar que no se aplicó correctamente este método secado, ya que el territorio Bibri está en una zona donde no hay una estación seca definida, con un contenido de humedad en equilibrio entre un 17 y 20%, y por más que se quiera la madera no clasificaría como seca si se usa el secado al aire.

El producto que presentó mayor porcentaje de no conformidades en las variables espesor, ancho y longitud es el peldaño con un 100, 90 y 100% respectivamente, seguido del petatillo con deficiencias. Por el contrario, la viga corta presentó menor porcentaje de no conformidades en las mismas variables. En relación con el contenido de humedad, el porcentaje de piezas no conformes para todos los productos exceptuando la viga corta de 125 x 125 x 3000, superó el 44%.

### 3.2.2. Clasificación por defectos a lo largo de la misma pieza

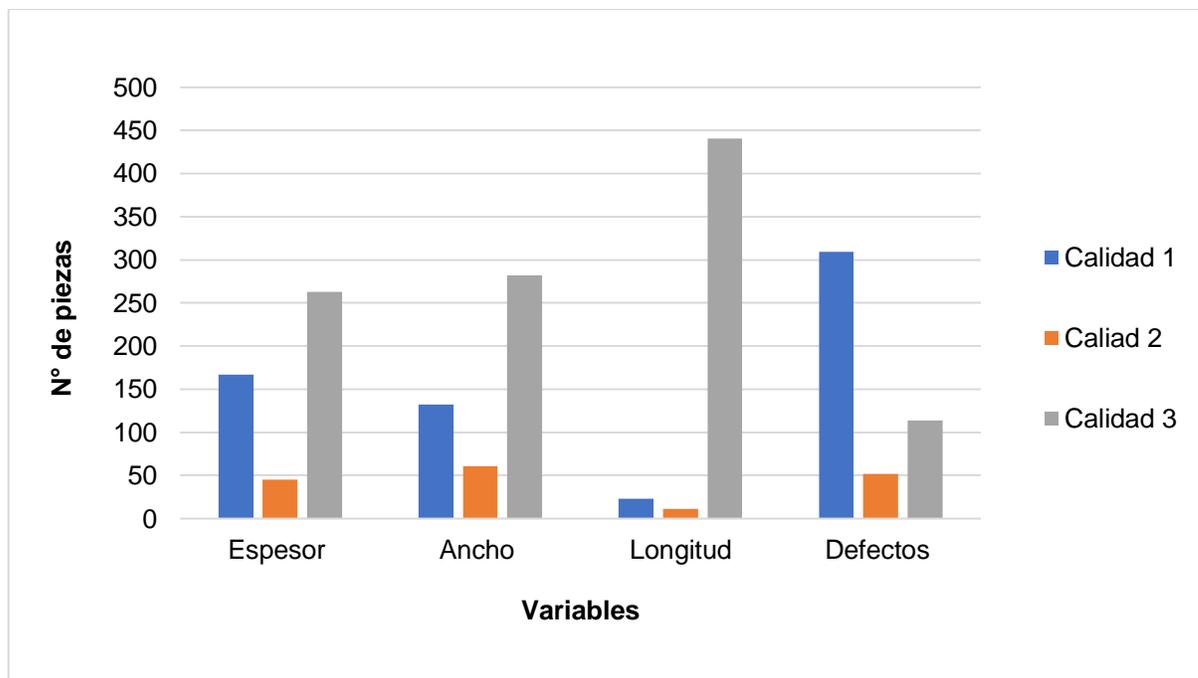
Como parte de la metodología se deben evaluar los defectos en las piezas según la norma INTE C99: 2014, esta permite la clasificación de madera en tres clases de calidad. Durante la toma de datos se midió y anotó el defecto más representativo, la figura 6 ilustra la distribución de las piezas según los defectos encontrados durante la toma de datos.



**Figura 6.** Distribución de defectos en 475 piezas de *C. alliodora* en ADITIBRI, Limón, Costa Rica.

La figura 6 muestra que la mayoría de las piezas se agrupan en la categoría sin defecto, con lo cual, el 65% de las piezas se clasifica como clase 1, el 11% como clase 2 y el 24% como clase 3. El mayor porcentaje de no conformidades se encuentra en el producto peldaño, seguido por los esquineros y marco de puesta con un 70, 53 y 44% respectivamente. Entre los defectos que más sobresalen se destacan los nudos vivos y las rajaduras. Estas últimas, también son mencionadas por los autores Flores y Obando (2014) quienes indicaron que la madera proveniente de zonas secas puede presentar rajaduras laterales y en los extremos u ondulamientos en la superficie.

Para visualizar mejor los resultados de la clasificación de la calidad de las piezas evaluadas, en la figura 7 se presenta la distribución de las piezas según su espesor, ancho, longitud y defectos.



**Figura 7.** Distribución por clases de calidad en 475 piezas de *C. alliodora* en ADITIBRI, Limón, Costa Rica.

Para el espesor, ancho y longitud más del 50% de las piezas se clasifican en la categoría clase 3. Al igual que en la empresa Eco-houses la gran mayoría de las piezas se ven afectadas principalmente por la variable longitud, puesto que al seleccionar la madera clase 1, solo una pieza cumple con los requerimientos en las cuatro variables. No obstante, cuando se excluye la longitud, 36 piezas siguen los requerimientos. Por su parte, los autores Chavarría-Navarro y Molina-Murillo (2018) indican que, para mejorar la competitividad de la madera local, esta debe estandarizarse procurando satisfacer los niveles de calidad requeridos. Es importante recalcar que la pérdida de

calidad recurrente por espesor y ancho está relacionada con la calibración de las máquinas y el largo con aspectos culturales.

### 3.2.3. Análisis estadístico del contenido de humedad de las piezas de *C. alliodora* de nueve ebanistas inscritos en ADITIBRI.

De acuerdo con los resultados del contenido de humedad, la mayoría de los productos superó el 19% establecido en la norma INTE C99: 2014. Por lo que se realizó una comparación del contenido de humedad entre los nueve ebanistas muestreados, de esta forma, verificar si existe diferencia significativa entre los resultados obtenidos, y determinar cuáles son las prácticas de secado, apilado y manipulación de la madera que contribuyen a disminuir el contenido de humedad presente en las piezas.

Se analizaron los supuestos de normalidad y homocedasticidad de los datos, los resultados se pueden observar en los anexos 14, 15 y 16. Al cumplir con los supuestos ( $p < 0,05$ ) se procedió a realizar la comparación de los 9 talleres de ebanistería a través de un análisis de varianza para determinar si existe diferencia entre los valores obtenidos.

El cuadro 9, muestra como el taller de ebanistería de Abel Pita presenta diferencias significativas en comparación con los demás talleres, siendo este el de menor contenido de humedad. Seguidamente se agrupan los talleres de David, Laura y Waldino con un rango entre 22,99 y 24,85%, finalmente se agrupan los talleres de Isidro, Mauricio, Biterbo, Rafael y el de la Asociación con valores que oscilan entre 28,06 y 30,95%.

**Cuadro 9.** Resultados de comparación con prueba Tukey del contenido de humedad en nueve ebanistas de ADITIBRI, Limón, Costa Rica.

<b>Ebanista</b>	<b>Promedio</b>	<b>Letra</b>
Abel Pita	17,80	A
David	22,99	B
Laura	23,52	B
Waldino	24,85	B
Asociación	28,06	C
Rafael	28,42	C
Biterbo	29,34	C
Mauricio	30,22	C
Isidro	30,95	C

El ebanista Abel Pita obtuvo mejores resultados en el contenido de humedad de las piezas evaluadas, esto se debe principalmente a las técnicas de apilado horizontal y en caballete utilizadas. Asimismo, a las buenas prácticas implementadas para la protección de la madera, como el uso de plásticos, latas de zinc para cubrirlas y el uso de separadores en el apilado horizontal.

En el caso de los ebanistas David, Laura y Waldino también usan las dos técnicas de apilado mencionadas. Doña Laura utilizó piezas de madera que sirven como aislante, para que estas no entren en contacto directo con el suelo, además protege la madera de la lluvia con plástico. Por su parte, don Waldino mantiene la madera bajo techo.

Con respecto a los ebanistas ubicados en el tercer grupo estos obtuvieron mayor promedio en el contenido de humedad de las piezas muestreadas. Una razón que puede explicar este resultado es la ejecución incorrecta del apilado de las piezas. Por

ejemplo, don Mauricio, utiliza el apilado en caballete, pero muchas piezas estaban en contacto directo con el suelo y sin protección contra la lluvia, por lo que al realizar la medición el resultado fue de un 100% en el contenido de humedad.

La diferencia del contenido de humedad entre las piezas de Abel Pita respecto al segundo grupo se debe principalmente al tiempo de secado dado a las piezas de madera.

### 3.2.4. Evaluación de penetración y retención del preservante en la madera

Para evaluar la penetración del preservante en la madera se aplicó una prueba colorimétrica en diferentes piezas de madera con el reactivo Cromo-azurol. Los resultados obtenidos se muestran en el cuadro 10.

**Cuadro 10.** Resultados de prueba colorimétrica realizada en tres muestras de *C. alliodora* en ADITIBRI, Limón, Costa Rica.

Empresa	Muestra	Pieza	Penetración en albura (%)	Figura
ADITIBRI	1	Cadenillo	100	
ADITIBRI	2	Escalera	100	
ADITIBRI	3	Piso	100	

En relación con la penetración del preservante en la madera, la evaluación se realizó en 4 sitios, debido a que no todos los ebanistas tenían madera preservada. Según

los datos suministrados por ADTIBRI el producto utilizado fue Xilocromo; el cual se determinó por medio del reactivo Cromo-azurol, donde la muestra se tornó azulada en la albura y en el duramen sin penetración presenta un color rojizo. El cuadro 10 muestra que las piezas presentaron 100% de penetración en albura.

Para la retención del preservante en la madera se tomaron muestras en diferentes talleres de ebanistería. El cuadro 11 muestra los resultados del análisis de laboratorio con sus respectivos estadísticos

**Cuadro 11.** Resultados de análisis químico para la retención del cobre en madera de *C.alliodora* en ADITIBRI, Limón, Costa Rica.

Pieza	Cobre mg/m <sup>3</sup>	Kg/m <sup>3</sup>	Promedio	Desviación estándar	CV (%)
Peldaño	4649	0,005			
Forro	14032	0,014			
Viga larga	0,1	0,000			
Cadenillo Corto	850	0,001	0,003	0,005	158,6
Corona	0,1	0,000			
Parales clavadores	1747	0,002			
Marco de ventana y puertas	920	0,001			
Piso	1548	0,002			

En el cuadro 11 se observa que el promedio de las muestras está por debajo del requerimiento mínimo de 1,1 kg/m<sup>3</sup> de retención en la madera. Según indicaron los ebanistas el procedimiento aplicado consiste en sumergir las piezas de 10 a 20 minutos en el preservante disuelto con agua y luego son cubiertas con plástico durante 5 días en promedio.

### **3.3. Evaluación del espesor, ancho, longitud, contenido de humedad, calidad visual y preservado en 105 piezas de madera de *Cordia alliodora* y *Pinus* sp. en la empresa SOMABACU, Limón, Costa Rica.**

#### 3.3.1. Evaluación de espesor, ancho, longitud y contenido de humedad

La norma INTE C99:2014 establece en la tabla 3, tres clases de calidad, describe el grado de tolerancia en ( $\pm$  mm) para cada clase respecto a la variable espesor y ancho; estas mismas fueron evaluadas en 105 piezas procesadas por la empresa SOMABACU y que fueron destinadas para la construcción de viviendas de interés social en Talamanca, Limón, Costa Rica.

Los datos recolectados fueron analizados estadísticamente y sus resultados se muestran en el cuadro 12. Además, se clasificaron de acuerdo a las clases de calidad que establece la norma.

**Cuadro 12.** Estadísticos descriptivos según producto para la variable espesor y ancho en 105 piezas de *C. alliodora* y *Pinus* sp. en la empresa SOMABACU, Limón, Costa Rica.

Especificación por pieza	n	Espesor			Ancho		
		Promedio	E (±)	CV %	Promedio	E (±)	CV %
Alero, baño y puerta 25 x 75 x 2500	10	23,77	0,27	1,63	73,23	0,53	1,05
Aleros y barandas 25 x 75 x 840	10	24,13	0,78	4,70	74,20	0,67	1,33
Artesones y caballete 38 x 125 x 2500	10	36,83	0,32	1,30	124,03	0,46	0,56
Cadenillo 50 x 100 x 2500	10	49,97	0,80	2,54	100,30	0,79	1,24
Forro 25 x 125 x 3650	10	22,83	0,72	4,53	135,83	0,43	0,45
Petatillo 13 x 50 x 1300	15	12,64	0,33	5,22	47,40	0,43	1,83
Pilotes 100 x 100 x 2500	10	107,90	0,84	1,21	107,40	1,47	2,13
Pilotes 90 x 90 x 2440	10	92,53	0,50	0,85	92,97	0,62	1,05
Soleras 75 x 75 x 2500	10	74,10	0,49	1,00	74,30	0,58	1,17
Tabla para piso 25 X 125 X 2500	10	26,33	0,53	2,86	124,53	1,03	1,19

En el cuadro 12 se observa que el producto pilotes 100 x 100 x 2500 mm obtuvo una diferencia promedio en el espesor de 7,90 mm, de modo que supera el ( $\pm 2$  mm) que exige la norma para la clase 1, por lo tanto, la totalidad de piezas incluidas en este producto incumplieron con los requerimientos solicitados. Por el contrario, el petatillo presentó un promedio de 12,64 mm y un error absoluto de  $\pm 0,33$  mm, en consecuencia, todas las piezas fueron aceptadas en la clase 1. Sobre la clasificación por clases de calidad, el 49% de las piezas pertenecen a la clase 1, el 20% a la clase 2 y el 31% a la clase 3.

Para la variable ancho, el coeficiente de variación no superó el 2,13%, esto se reflejó en la clasificación por clase, donde el 59% de las piezas se agrupan en la clase 1, el 5% en clase 2 y un 36% de las piezas en clase 3. El producto pilotes 100 x 100 x

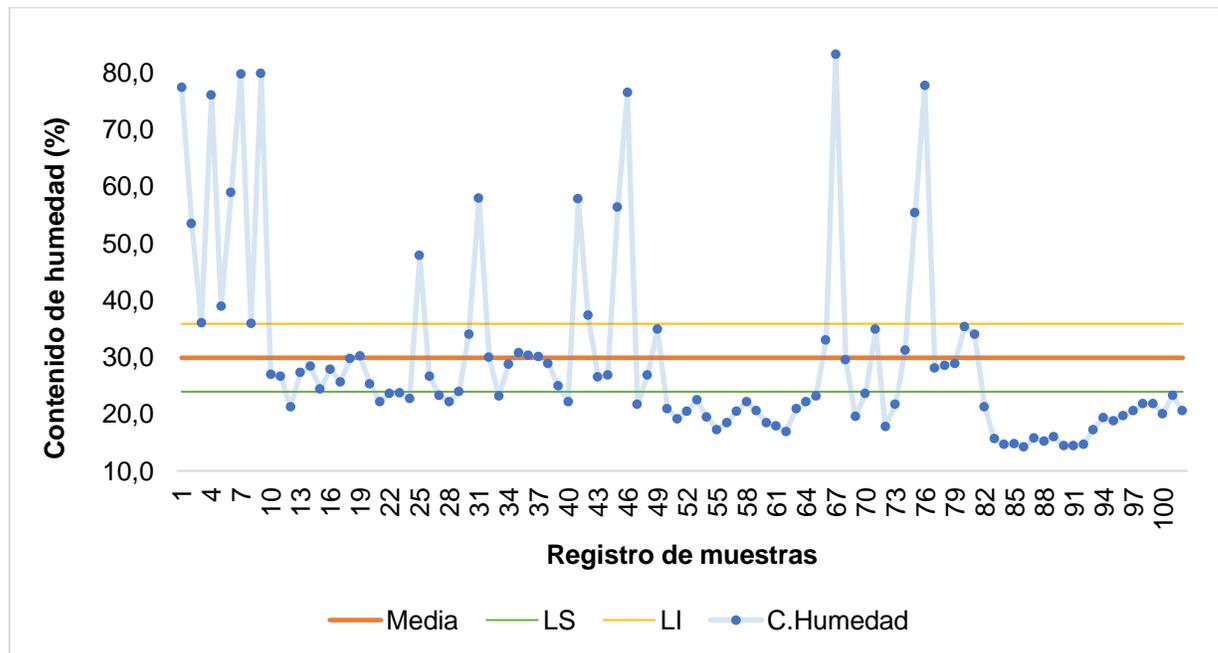
2500 mm, posee el mayor coeficiente de variación, seguido por el petatillo, los cuales a su vez tienen los mayores porcentajes de no conformidad con un 90 y 100% respectivamente. En cuanto a la longitud, las piezas también fueron analizadas con estadística descriptiva y sus resultados se exponen en el cuadro 13.

**Cuadro 13.** Estadísticos descriptivos según producto para la variable longitud en 105 piezas de *C. alliodora* y *Pinus* sp. en la presa SOMABACU, Limón, Costa Rica.

Especificación por pieza	n	Longitud		
		Promedio	E (±)	CV %
Alero, baño y puerta 25 x 75 x 2500	10	2556,80	28,25	1,61
Aleros y barandas 25 x 75 x 840	10	883,70	6,31	1,04
Artesones y caballete 38 x 125 x 2500	10	2533,50	6,72	0,40
Cadenillo 50 x 100 x 2500	10	2533,60	7,58	0,47
Forro 25 x 125 x 3650	10	3677,80	2,10	0,08
Petatillo 13 x 50 x 1300	15	1343,47	13,33	1,99
Pilotes 100 x 100 x 2500	10	2582,00	35,34	2,14
Pilotes 90 x 90 x 2440	10	2466,80	7,25	0,46
Soleras 75 x 75 x 2500	10	2568,50	21,63	1,26
Tabla para piso 25 X 125 X 2500	10	2536,00	13,83	0,78

Los promedios del cuadro 13 se muestran superiores a las especificaciones brindadas por la empresa proveedora de madera; estos valores difieren en un rango promedio de 27,8 y 82,0 mm, por consiguiente, todos los productos obtuvieron un porcentaje mínimo de no conformidad del 90%. Tal afirmación se respalda con la clasificación por clases, donde el 2% de las piezas se clasificaron en clase 1, el 12% de las piezas en clase 2 y el 86% en clase 3. En relación con esta variable, existe la similitud con los dos sitios de muestreo anteriores, de mantener un excedente en las piezas de madera.

Respecto al contenido de humedad, la empresa SOMABACU trabaja con dos especies, una es importada de Estados Unidos y la otra se adquiere en el país. La distribución del contenido de humedad para todas las piezas se muestra en la figura 8.



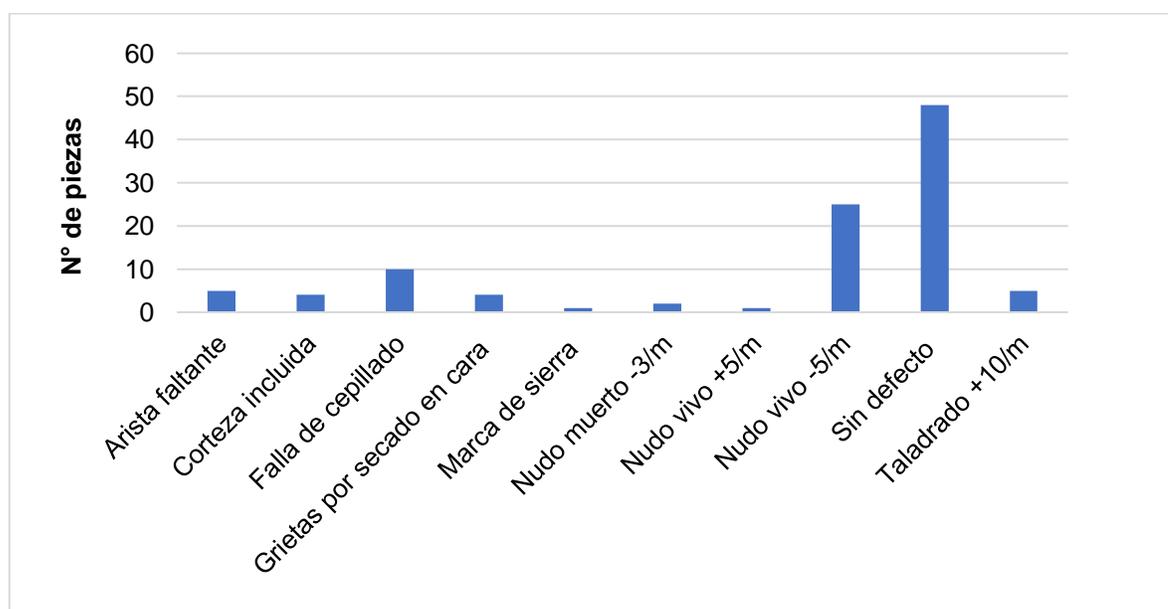
**Figura 8.** Control de contenido de humedad para 105 piezas de *C. alliodora* en la empresa SOMABACU, Limón, Costa Rica.

Para el contenido de humedad, los valores oscilan entre 14,23 y el 83,23%. Además, los productos elaborados con Pino Amarillo del Sur (forro y pilotes), presentaron un contenido de humedad promedio entre el 14,95 y 20,32% respectivamente; por otra parte, la madera nacional varía entre el 16,9 y el 83,2%, esta se compra a los ebanistas de la zona, ya que estos, tienen como política que deben comprarles un porcentaje alto de madera para generar ingresos en el sitio. Sin embargo, algunas veces es entregada, sucia debido al traslado y en estado verde según indicó el encargado de la bodega.

El producto que presentó mayor porcentaje de no conformidades en las variables espesor, ancho y longitud fue el pilote de 100 x 100 x 2500 mm con un 100, 90 y 100% respectivamente, seguido del forro y petatillo con deficiencias en el ancho. Por el contrario, la solera presentó menor porcentaje de no conformidades con un 10% en el ancho y espesor. En relación con el contenido de humedad, el porcentaje de piezas no conformes para todos los productos exceptuando el petatillo y pilotes de 100 x 100 x 2500 mm, superó el 70%.

### 3.3.2. Clasificación por defectos a lo largo de la misma pieza

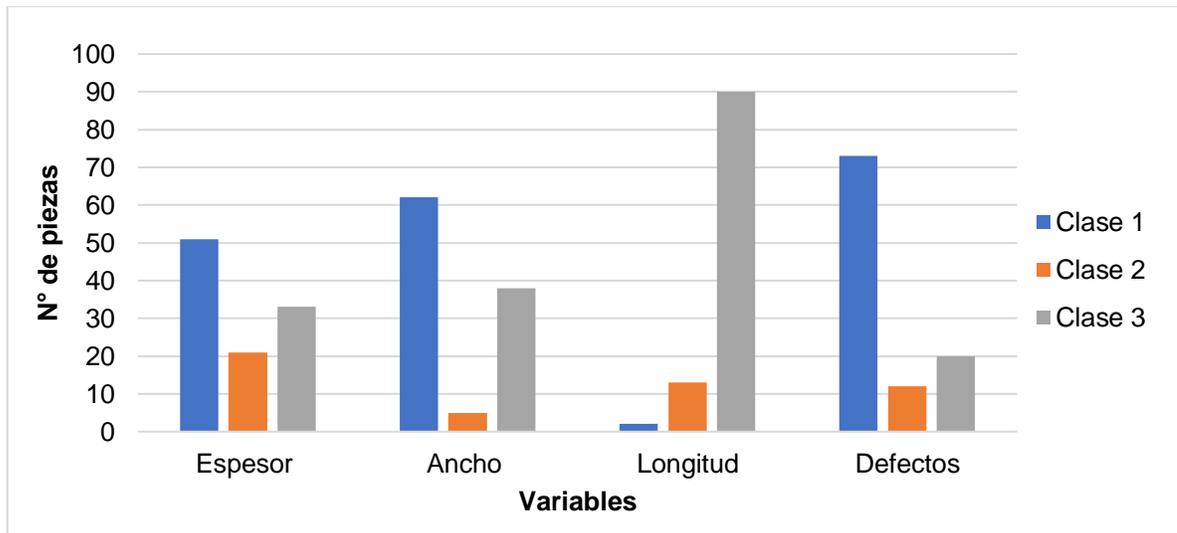
A partir de la norma INTE C99: 2014 se clasificó cada pieza de madera según las tres calidades indicadas. En la figura 9 se presenta la distribución de las piezas según los defectos encontrados.



**Figura 9.** Distribución de defectos en 105 piezas de *C. alliodora* y *Pinus* sp. en la empresa SOMABACU, Limón, Costa Rica.

Como evidencia la figura 9 la mayoría de piezas se agrupan en la categoría sin defecto, de modo que al realizar la clasificación por clases de calidad el 70% de las piezas pertenecen a la clase 1, el 11% a la clase 2 y el 19% a la clase 3. Los productos con menor porcentaje de no conformidades son el piso, forro y el cadenillo, por el contrario, la mayor deficiencia se encontró en el producto pilotes 100 x 100 x 25 mm.

Para visualizar mejor los resultados de la clasificación de las piezas evaluadas, en la figura 10 se presenta la distribución de las piezas según su espesor, ancho, longitud y defectos.



**Figura 10.** Distribución por clases de calidad en 105 piezas de *C.alliodora* y *Pinus* sp. en la empresa SOMABACU, Limón, Costa Rica.

Al igual que en la empresa Eco-houses y en ADITIBRI, la gran mayoría de las piezas se ven afectadas principalmente por la variable longitud, puesto que al seleccionar la madera clase 1, solo una pieza cumple con los requerimientos en las cuatro

variables. No obstante, cuando se excluye la longitud, 31 piezas siguen los requerimientos.

### 3.3.3. Evaluación de penetración y retención del preservante en la madera

Para evaluar la penetración del preservante en la madera se aplicó una prueba colorimétrica en diferentes piezas de madera con el reactivo Cromo-azurol. Los resultados obtenidos se muestran en el cuadro 14.

**Cuadro 14.** Resultados de prueba colorimétrica realizada en tres muestras de *C. alliodora* y *Pinus* sp. en la empresa SOMABACU, Alajuela, Costa Rica.

Empresa	Muestra	Pieza	Penetración en albura (%)	Figura
SOMABACU	1	Pilotes	100	
SOMABACU	2	Alero	0	
SOMABACU	3	Clavador	NA*	

\*NA= no aplica

Según los datos suministrados por la empresa la madera se encuentra impregnada del preservante Micronized Copper Azole; la cual se determinó con el reactivo Cromo-azurol, donde la muestra se tornó azulada en la albura y en el duramen sin penetración presenta un color rojizo. El cuadro 14 indica que solo la muestra uno presentó un 100% de penetración en la albura.

Para la retención del preservante en la madera se aplicó solo una prueba en Pino amarillo del sur ya que el procedimiento empleado en la madera de laurel consiste en una aspersión superficial sobre las piezas. De acuerdo con los resultados del laboratorio, la retención en el producto columna fue de  $0,001 \text{ kg/m}^3$ , lo que está por debajo del parámetro establecido por los proveedores de  $2,4 \text{ kg/m}^3$  con el producto Micronized Copper Azole.

## CONCLUSIONES

El manual de lineamientos abarca cinco variables con los requerimientos para aplicar y comprender la estandarización de la madera que se provee a la construcción de viviendas.

El contenido de humedad, tolerancia de dimensiones, clasificación visual, preservado de madera, transporte y almacenaje de madera incluidos en la propuesta metodológica responden a aspectos técnicos mínimos que deben ser evaluados para determinar la calidad de la madera.

Respecto al contenido humedad la madera importada de *Pinus radiata* evaluada presentó mejores resultados en comparación a la madera local de *C. alliodora* evaluada según los requerimientos de la norma INTE C99:2014

La evaluación de la calidad visual en los tres sitios mostró que el defecto más recurrente en la madera evaluada, son los nudos vivos, no obstante, la mayoría representan menos de 5 unidades por metro lineal, por lo que no interfirió negativamente en la clasificación por clases.

De acuerdo con los resultados de la prueba de espectroscopia de absorción atómica, en los tres sitios de muestreo existe deficiencia en el preservado de madera para construcción, por lo que es necesario valorar el proceso de preservado al que se somete la madera.

## RECOMENDACIONES

De los ebanistas visitados en el territorio indígena de Bribri se observó que cuentan con poca información sobre las normas INTE C98:2015 y INTE C99: 2014, por lo cual se recomienda realizar capacitaciones a los ebanistas inscritos en ADITIBRI.

Disponer de una broca, taladro inalámbrico y baterías de reemplazo para la toma de muestras de tarugos para las pruebas de retención del preservante, ya que es más fácil y requiere de menor tiempo que utilizar un barreno.

Incluir en la metodología la evaluación de la parte estructural de la madera para proceder con la validación de la propuesta metodológica de evaluación de la calidad de la madera para construcción de viviendas de interés social.

Solicitar al comité técnico de INTECO la generación de normas relacionadas al preservado, transporte y almacenamiento de madera.

Se recomienda al BANHVI que cuando pretendan evaluar la calidad de la madera, la aplicación de la metodología sea ejecutada por un ente evaluador independiente capaz de ofrecer transparencia en los resultados de la empresa evaluada.

Se recomienda a la Escuela de Ingeniería Forestal la formación de técnicos competentes en el campo de evaluaciones de calidad de madera.

## REFERENCIAS

- Álvarez-Guzmán C. (2015). Prólogo. Por Coto-Portuguez (Ed). *Manual de uso de la madera para la construcción*. (9). San José, Costa Rica: Grupo Nación.
- American Development Bank (2012). *Estudio del BID: América Latina y el Caribe encaran creciente déficit de vivienda*. Recuperado de <https://www.iadb.org/es/noticias/comunicados-de-prensa/2012-05-14/deficit-de-vivienda-en-america-latina-y-el-caribe%2C9978.html> [Consulta 21 abr. 2018].
- American Society for Testing and Materials (ASTM). (2018). Wood standarts. List of wood standards developed by ASTM. Recuperado de <https://www.astm.org/Standards/wood-standards.html> [Consulta 14 de may. 2018].
- Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). (2016). Normas y publicaciones. Madera. Recuperado de <http://www.aenor.es/aenor/normas/buscadornormas/resultadobuscnormas.asp#.Wvnsq0POblU> [Consulta 14 de may. 2018].
- Baena, A., & Olaya, C. (2013). Vivienda de interés social de calidad en Colombia: Hacia una solución integral. *Sistemas & Telemática*, 11(24), 9-26.
- BAÑO, V., & MOYA, L. (s.f). Tecnología de la construcción con madera en Uruguay: estado del arte y perspectivas. Artículo presentado en II CBCTEM-Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira. Caderno de Resumos, Belo Horizonte, Brasil.

- Bergman, R. (2010). Drying and control of moisture content and dimensional changes. Ross, R. (Ed). *Wood handbook: wood as an engineering material*. (292-311). Madison, WI:U.S.
- Camacho-Padilla, J. (2014). *Parámetros de sostenibilidad en tipologías de viviendas de interés social tramitadas en el periodo de abril a agosto del año 2014 en el cantón central de Cartago*. (Tesis de Maestría en Gestión de Recursos Naturales y Tecnologías de Producción). Tecnológico de Cartago, sede Central.
- Carmona, M., & Miranda, W. C. (2013). La madera y sus productos forestales en la construcción de viviendas en Venezuela. *Ecodiseño & Sostenibilidad*. (5), 9-13.
- Capuz-Lafarga, L., Capuz-Lladró, R., García-García, F., Rodríguez-Abad, I., Martínez Sala, R., & Díez Barra, R. (2011). Evaluación de la madera estructural para la rehabilitación de las Naves Cros por medio de diferentes técnicas no destructivas. *Congresso Ibero Latino Americano da Madeira na Construção, Coimbra, Portugal*. (1-9).
- Chávez, L. E., Hernández, C. B., & Ruiz, C. L. J. (2010). *Determinación de la calidad de la madera de construcción*. *Acta Universitaria*, 20(2), 5-13.
- Chavarría-Navarro, S; Molina-Murillo, S. (2018). ¿Por qué no incrementa el consumo de madera local? El caso de Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 15 (37), 02-14. doi. 10.18845/rfmk.v15i37.3597
- Coto-Portuguez, A. (2015). *Manual de uso de la madera para la construcción*. San José, Costa Rica: Grupo Nación.

Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica. Código sísmico de Costa Rica 2010. Cartago, Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica.

Durán, A. F., & Ubilla, M. (Eds.). (2012). *Manual de diseño: construcción, montaje y aplicación de envolventes para la vivienda de madera; muro ventilado, pisos y techos*. Pontificia Universidad Católica de Chile.

Fernández-Ordóñez, D., & Gómez, J. F. (2009). Industrialización para la construcción de viviendas. Viviendas asequibles realizadas con prefabricados de hormigón. *Informes De La Construcción*, 61(514), 71-79.

Flores-Vindas, E. & Obando-Vargas, G. (2014). *Arboles del trópico húmedo: importancia socioeconómica*. Cartago, Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica.

Fritz, A. (2004). *Manual La Construcción de Viviendas en Madera*. Santiago, Chile. CORMA.

Fundación Costa Rica-Canadá (S.f). Proyecto El Porvenir. Recuperado de <http://www.fundacioncostaricacanada.org/nuestro-trabajo/acciones-que-impactan/153> [Consulta 21 abr. 2018].

Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO). (s.f). Normas. Recuperado de <https://www.inteco.org/shop?search=&sector=&committee=34&organism=> [Consulta 14 de may. 2018].

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (INCOTEC). (2016). Normas. [http://www.icontec.org/Paginas/e\\_normas.aspx](http://www.icontec.org/Paginas/e_normas.aspx). [Consulta 14 de may. 2018].

Lizán-Narro, P. (2018). *Construir En Madera*. (Tesis de doctorado en Fundamentos de la Arquitectura, Universidad Politécnica de Valencia). Recuperado de <https://riunet.upv.es/handle/10251/99535> [Consulta 21 abr. 2018].

Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos (MIVAH). (2014). *Política Nacional de Vivienda y Asentamientos Humanos 2013 a 2030 y su plan de acción*. Recuperado de [https://www.mivah.go.cr/Biblioteca/Políticas/Política\\_y\\_Plan\\_Nacional\\_Vivienda.shtml](https://www.mivah.go.cr/Biblioteca/Políticas/Política_y_Plan_Nacional_Vivienda.shtml) [Consulta 21 abr. 2018].

Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos (MIVAH). (2003). *Directriz 27: especificaciones Técnicas y Lineamientos para la Escogencia de Tipologías Arquitectónicas para la Construcción de Viviendas y Obras de Urbanización*. Recuperado de [https://www.mivah.go.cr/Biblioteca\\_Políticas.shtml](https://www.mivah.go.cr/Biblioteca_Políticas.shtml) [Consulta 29 abr. 2018].

Ministerio de Vivienda y Urbanismo de Chile. (2011). Guía de inspección técnica de obras para viviendas tipo. División técnica de estudio y fomento habitacional. Santiago, Chile. Recuperado de [http://www.minvu.cl/incjs/download.aspx?glb\\_cod\\_nodo=20131021131851&hd\\_d\\_nom\\_archivo=Guia\\_Inspeccion\\_Tecnica\\_VT.docx](http://www.minvu.cl/incjs/download.aspx?glb_cod_nodo=20131021131851&hd_d_nom_archivo=Guia_Inspeccion_Tecnica_VT.docx) . [Consulta 29 abr. 2018].

Miranda, W. C., Owen, M., Pérez, E. B., Sulbaran, M. R., Ballester, V. C., & Ríspoli, I, G. (2010). Conceptos propositivos de viviendas sociales en zonas de riesgo en Venezuela y Brasil, a partir de sistemas constructivos tradicionales, madera sólida y productos forestales. *Revista Forestal Venezolana*. 54(2), p. 237-249.

Montoya-Greenheck, F., Carvajal, K., & Salas, U. (2009). Descripción de la cultura del agua en Costa Rica: Pueblo Maleku.

- Mora, L. (2016). *Diseño de una herramienta digital para la inspección y mantenimiento de casas con madera*. (Tesis de licenciatura en Ingeniería en Construcción). Tecnológico de Costa Rica, Cartago.
- Moya-Roque, R; Muñoz-Acosta, F; Salas-Garita, C; Berrocal-Jiménez, A; Leandro-Zúñiga, L; Esquivel-Segura, E. (2010). Tecnología de madera de plantaciones forestales: Fichas técnicas. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 7(18), 1-217.
- Quesada, F. (2014). Métodos de evaluación sostenible de la vivienda: Análisis comparativo de cinco métodos internacionales. *Hábitat Sustentable*, 4(1), 56-67.
- Salazar, V. (2008). Proyectos que buscan hacer de la vivienda de madera, una vivienda de calidad: Chile apuesta por la construcción en madera. *Revista de la Construcción*. 7(1), 114-116.
- Saleh-Pascha, K. (2013). Construcciones de madera compuestas para cerramientos autoportantes. *Revista ARQ*. (84), 76-83. Doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-69962013000200014>
- Santamaría, O. (2015). *Estudio de mercado de los productos madereros y sus sustitutos para mejorar las condiciones para aumentar los acervos de carbono en productos de madera de larga duración*. FONAFIFO. San José, CR. 180p.
- Torres, J., & Torres, A. (2009). El contexto económico, social y tecnológico de la producción de vivienda social en América latina. *Ponencia Presentada En El Encuentro Latinoamericano De Gestión Y Economía De La Construcción (ELAGEC)*. Bogotá, Colombia.

Trujillo, A., Carrete, L., Vera, J. & García, S. I. L. (2011). *Servir con calidad en México* (Vol. 1). Monterrey, México: LID Editorial.

Vargas-Hernández, J. G., & Akihito, H. V. O. (2014). Future development of social interest housing market in México: Homex, developer of housing. *Journal of Asian Business Strategy*, 4(4), 51.

## ANEXOS

### Anexo 1. Cuestionarios guía para la elaboración del manual de lineamientos de calidad de la madera.

#### Entrevista 1. Guía para entrevista de secado de la madera.

Fecha: \_\_\_\_\_

Hora: \_\_\_\_\_

Lugar: \_\_\_\_\_ Entrevistador (a): \_\_\_\_\_

Entrevistado (a): \_\_\_\_\_.

El propósito de la entrevista es recolectar información para la elaboración de un manual de lineamientos de calidad de madera en viviendas de interés social para el Banco Hipotecario de la Vivienda. El manual abarca cinco variables: clasificación visual, preservado, secado, transporte y almacenaje de la madera. En la siguiente entrevista se adentrará en el tema de **secado**. Los participantes seleccionados son expertos con experiencia en producción y comercialización de productos forestales. La información brindada será utilizada en la confección del manual.

#### Características de la entrevista

- Confidencialidad
- La entrevista tiene una duración de una hora aproximadamente.

#### Preguntas

1. ¿Qué tipos de secado se emplean en Costa Rica para madera de uso estructural?  
¿Cuál es el más recomendado?
2. ¿Cómo debe ser el adecuado apilado de la madera cuando se va a someter a un proceso de secado para evitar riesgos de deformaciones o rajaduras?

3. ¿Cuáles son los errores más comunes durante el secado y manipulación de madera seca?
4. ¿Qué consideraciones deben tomarse para manipular la madera después del secado?
5. ¿Cuáles son los contenidos de humedad más recomendados para las diferentes estructuras en la construcción de casas con madera?
6. ¿Cuál es la extensión ideal para realizar un procedimiento de evaluación en campo del secado de la madera?

## **Entrevista 2. Guía para entrevista de preservado de la madera.**

Fecha: \_\_\_\_\_ .

Hora: \_\_\_\_\_ .

Lugar: \_\_\_\_\_ .

Entrevistado (a): \_\_\_\_\_ .

El propósito de la entrevista es recolectar información para formular una metodología de evaluación de calidad en viviendas de interés social a base de madera para el Banco Hipotecario de la Vivienda. Los participantes seleccionados son personas involucradas en la construcción de viviendas con madera. La metodología abarca las siguientes variables: clasificación visual, secado, preservado, transporte y almacenaje de madera. En la siguiente entrevista se adentrará en el tema de **preservado**. La información brindada será utilizada en la confección de la metodología.

### Características de la entrevista

- Confidencialidad
- La entrevista tiene una duración de una hora aproximadamente.

## Preguntas

1. ¿Cuáles son los métodos de preservado más utilizados para la madera de uso estructural?
2. ¿Cuáles son los preservantes que más se comercializan en Costa Rica?
3. ¿Cuáles consideraciones se deben tomar al momento de manipular madera que ha sido preservada?
4. ¿Cuál es la retención/penetración adecuada de preservante para la madera utilizada en la construcción de viviendas? (interior/exterior)
5. ¿Cuál es el procedimiento que aplicaría para la evaluación del preservado de la madera en un proyecto de viviendas?
6. ¿Cuáles son las mayores fallas durante el preservado y manipulación de madera preservada?

### Entrevista 3. Guía para entrevista de transporte de la madera.

Fecha: \_\_\_\_\_.

Hora: \_\_\_\_\_.

Lugar: \_\_\_\_\_.

Entrevistado (a): \_\_\_\_\_.

El propósito de la entrevista es recolectar información para la elaboración de un manual de lineamientos de calidad de madera en viviendas de interés social para el Banco Hipotecario de la Vivienda. El manual abarca cinco variables: clasificación visual, preservado, secado, transporte y almacenaje de la madera. En la siguiente entrevista se adentrará en el tema de **transporte**. Los participantes seleccionados son expertos con experiencia en producción y comercialización de productos forestales. La información brindada será utilizada en la confección del manual.

Características de la entrevista

- Confidencialidad
- La entrevista tiene una duración de una hora aproximadamente.

#### Preguntas

1. ¿Qué tipo de información contiene un lote de madera que será transportado?
2. Al momento de realizar la carga de madera ¿Cuáles son las consideraciones de seguridad que se deben tomar?
3. ¿Qué tipo de maquinaria y equipo se utiliza para la carga de madera aserrada?
4. ¿Cómo aseguran la protección y estabilidad de la madera durante el transporte?
5. ¿Cuáles son los mayores errores que se cometen durante la carga y descarga de la madera?
6. ¿Cada cuánto tiempo se le da mantenimiento a la maquinaria de carga, transporte y descarga de madera?
7. Que recomendaciones daría para garantizar la calidad de la madera durante el transporte.

## **Anexo 2. Cuestionario guía para la elaboración de la metodología de evaluación de calidad de la madera.**

### **Entrevista 1. Guía para entrevista de la metodología para evaluación de la calidad de la madera.**

Fecha: \_\_\_\_\_

Hora: \_\_\_\_\_

Entrevistado(a): \_\_\_\_\_

El propósito de la entrevista es recolectar información para la elaboración de una metodología de evaluación de calidad de madera en viviendas de interés social para el Banco Hipotecario de la Vivienda. La metodología abarca cinco variables: clasificación visual, preservado, secado, transporte y almacenaje de la madera. Los participantes seleccionados son profesionales que han participado evaluación de viviendas con madera del BANHVI. La información brindada será utilizada en la confección del manual.

#### Características de la entrevista

- Confidencialidad
- La entrevista tiene una duración de una hora aproximadamente.

#### Preguntas

1. ¿Qué variables evaluaron en las viviendas de madera y por qué se escogieron?
2. ¿Cuál de las variables presento mayor inconveniente al momento de ser evaluado?
3. ¿Puede describir el procedimiento cronológico que se aplicó para evaluar la madera?
4. ¿Cuál fue la duración aproximada de la toma de datos en campo para cada variable?
5. ¿Cuáles variables añadiría para realizar una evaluación más completa?

**Anexo 3. Manual de lineamientos de calidad de la madera en viviendas de interes social para el Banco Hipotecario de la Vivienda.**

**Manual de lineamientos de calidad de la madera en viviendas de interés social para el Banco Hipotecario de la Vivienda**

**Rudy Daniela Bello Balladares**

## ÍNDICE GENERAL

Presentación .....	73
Secado y contenido de humedad en la madera .....	75
Terminología .....	75
Métodos de secado de la madera .....	76
Clasificación de madera previo al secado .....	80
Uso de listones o separadores de madera .....	81
Contenido de humedad en la madera .....	82
Medición del contenido de humedad .....	83
Importancia del contenido de humedad .....	85
Tolerancia de dimensiones y clasificación visual de la madera .....	86
Terminología .....	86
Clasificación por tolerancia de dimensiones .....	90
Clasificación por tolerancia de defectos .....	91
Preservado de la madera .....	95
Terminología .....	95
Degradación de la madera .....	97
Tipos de protección de la madera .....	98
Métodos de protección química .....	99
Determinación de la Penetración y retención del preservante en la madera .....	104
Transporte de madera .....	105
Terminología .....	105
Aspectos generales sobre el transporte de madera para construcción .....	106

Métodos de carga de la madera .....	<b>107</b>
Máquinas y equipos utilizados en el transporte de estructuras de madera .....	<b>110</b>
Aspectos legales para el transporte de carga en Costa Rica.....	<b>114</b>
Almacenaje de la madera en el sitio de construcción .....	<b>116</b>
Terminología .....	<b>116</b>
Especificaciones para el área de acopio de la madera .....	<b>116</b>
Especificaciones para el acopio de la madera .....	<b>118</b>
Referencia.....	<b>120</b>
Anexos .....	<b>124</b>

## **ÍNDICE DE CUADROS**

Cuadro 1. Clasificación de la madera antes del proceso de secado.....	<b>80</b>
Cuadro 2. Espesor y distanciamiento de separadores de acuerdo con el espesor de madera a secar. ....	<b>82</b>
Cuadro 3. Clasificación de la madera según el porcentaje de humedad. ....	<b>83</b>
Cuadro 4. Clasificación por tolerancia en las dimensiones a lo largo de la misma pieza para madera cepillada verde y seca. ....	<b>90</b>
Cuadro 5. Clasificación por defectos a lo largo de la misma pieza para madera seca. ....	<b>91</b>
Cuadro 6. Agentes bióticos y abióticos que pueden causar degradación en la madera. ....	<b>97</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Colocación de tablas en aplicado horizontal. ....	77
Figura 2. Estructura con techo para el apilado horizontal de la madera. ....	78
Figura 3. Acomodo correcto del apilado en caballete. ....	79
Figura 4. Acomodo adecuado de la madera con listones. ....	81
Figura 5. Medición del contenido de humedad en la madera con higrómetro. ....	84
Figura 6. Posiciones de medición del contenido de humedad de la madera. ....	84
Figura 7. Defecto de acebolladura y pudrición en madera para construcción. ....	94
Figura 8. Tratando piezas de madera con preservante por el proceso de inmersión. .....	100
Figura 9. Procedimiento de preservado de la madera en autoclave. ....	102
Figura 10. Equipo de seguridad personal para preservado de la madera. ....	103
Figura 11. Uso de lona plástica sobre la madera para su protección contra la lluvia durante el transporte. ....	106
Figura 12. Pasos para un correcto levantamiento de carga. ....	108
Figura 13. Correcto desplazamiento de tablas. ....	109
Figura 14. Madera con ángulo de protección de cartón. ....	113
Figura 15. Madera con fleje plástico y ángulo de protección. ....	113
Figura 16. Procedimiento para proteger la madera de la intemperie. ....	117

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Hoja de seguridad para el preservante Xilocromo. ....	124
Anexo 2. Hoja de seguridad para el preservante con sales de cobre micronizado. .	126
Anexo 3. Hoja de seguridad para el preservante Mocronizado Copper Azole. ....	132

## Presentación

En el 2017 Costa Rica destinó 209,884 m<sup>3</sup>-r de madera a la industria de la construcción, de los cuales el 74,4% se designó a usos de larga duración como artesanado, reglas, madera de cuadro, entre otros (Barrantes-Rodríguez & Ugalde-Alfaro, 2018).

El sector de la construcción ha sido tradicionalmente el gran consumidor de madera aserrada. No obstante, existe una disminución e incertidumbre en el abastecimiento de materia prima de buena calidad (Serrano-Montero & Moya-Roque, 2011). Agregado a esta situación, se encuentra la madera aserrada libre de aranceles proveniente de Chile y Estados Unidos lo que ha obligado al productor costarricense a redoblar esfuerzos para ser más competitivo (Barrantes-Rodríguez & Ugalde-Alfaro, 2018). Por ello se plantea un manual que sirva como fuente de información para la manipulación de madera destinada a uso constructivo.

El manual abarca recomendaciones para los tipos de secado, aspectos teóricos sobre los métodos de preservado más comunes en el país, describe los defectos más comunes en la madera y los cuadros de la normativa nacional para su clasificación visual. Además, brinda las recomendaciones técnicas y de seguridad en los distintos tipos de carga de la madera y aspectos técnicos del acopio en el sitio de construcción.

Esta publicación tiene por objetivo brindar las pautas necesarias que garanticen la calidad y durabilidad de la madera destinada a la construcción de viviendas de interés social. Está dirigida a empresarios de la industria constructora que utilizan la madera como materia prima principal en la edificación de viviendas sociales.

Para la confección del “Manual de Lineamientos de Calidad de la Madera en Viviendas de Interés Social para el Banco Hipotecario de la Vivienda” se contó con información facilitada por ingenieros expertos en secado y preservado de la madera del Tecnológico de Costa Rica, profesionales de empresas privadas dedicadas a la comercialización de madera y la búsqueda de literatura relacionada a la madera para uso constructivo.

## **Secado y contenido de humedad en la madera.**

### **Terminología**

La siguiente terminología se rige según la norma INTE C99: 2014 “Madera aserrada para uso general. Requisitos”.

- Contenido de humedad de la madera: es la cantidad de agua que contiene la madera con respecto a su peso seco al horno, se expresa en porcentaje.
- Contenido de humedad de equilibrio: es aquel contenido de humedad en la madera que está en equilibrio con las condiciones de temperatura y humedad relativa del ambiente.
- Contracción: es la disminución de las dimensiones de la pieza de madera por un decrecimiento del contenido de humedad. La contracción ocurre solamente cuando la madera está por debajo del punto de saturación de las fibras.
- Estabilidad dimensional: tratamiento de la madera para reducir las expansiones y contracciones causadas por los cambios en su contenido de humedad.
- Extremo(s) o cabeza: se refiere a la sección transversal de alguno de los extremos de una pieza de madera.
- Hinchamiento: es el aumento de las dimensiones de la pieza de madera por un incremento del contenido de humedad. El hinchamiento ocurre solamente cuando la madera está bajo el punto de saturación de las fibras.
- Mancha: es una decoloración en la madera causada por diversos agentes como microorganismos, metales o químicos.
- Secado: este término se aplica al proceso de remoción de agua de la madera para lograr un contenido de humedad apropiado para el desempeño esperado del producto final. (Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica, 2011).

## **Métodos de secado de la madera**

El secado en la madera consiste en un proceso de remoción de agua en la madera para lograr un contenido de humedad apropiado para el desempeño esperado del producto final (INTECO, 2011).

Los métodos de secado de la madera se clasifican en dos categorías: secado al aire y secado artificial.

### **A. Secado al aire**

El secado al aire consiste en exponer la madera a las condiciones ambientales de temperatura, humedad relativa y velocidad de circulación de aire. El tiempo de secado puede variar desde 3 a 4 semanas hasta 1 o 2 años y el contenido de humedad final será igual o próximo al contenido de humedad de equilibrio promedio del sitio donde se realice el secado (Córdoba-Foglia, 2005).

Dentro de los métodos de apilado que podemos emplear para acelerar el proceso de secado de la madera, se destacan el apilado horizontal, en triángulo, en caballete y vertical (Santana, Arboleda, & Ríos, 2009).

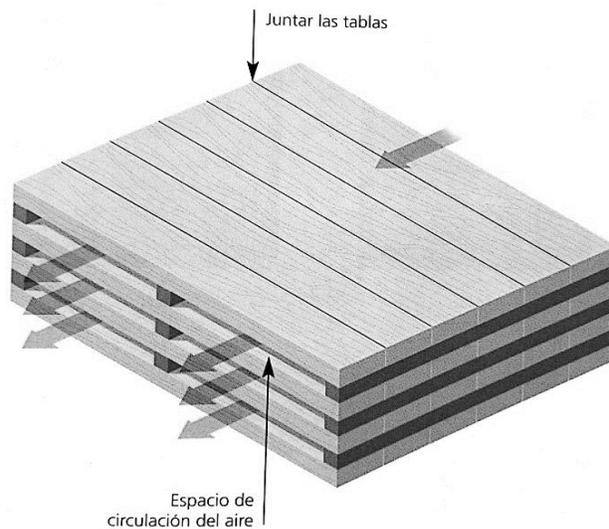
Algunas recomendaciones técnicas durante el secado al aire se mencionan a continuación:

- Se sugiere utilizar un apilado horizontal con un ancho entre 1 m a 1,10 m y una altura máxima de 2,5 m; donde se colocarán en la parte inferior las piezas más largas, gruesas y anchas.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> (Salas-Garita, comunicación personal, 23 de junio, 2018)

- Las pilas deben separarse del suelo, dejando una buena distancia entre el suelo y las primeras tablas, aproximadamente de 30 a 50 cm, para evitar que se acumule la humedad y en las coníferas es conveniente aumentar esta distancia (Cigalat-Figuerola & Soler-Burillo, 2003).
- Se procurará evitar un secado rápido que pueda perjudicar la madera, para ello es conveniente orientar la pila perpendicular a la corriente del aire (Salas-Garita, 2018) o utilizar pintura a base de aceite en los bordes de las piezas para evitar grietas y rajaduras.<sup>3</sup>
- Las tablas para secar se colocan a tope de canto con canto (figura 1), sin dejar espacios entre sí, de esta forma el aire circulará en sentido horizontal entre los separadores (Cigalat-Figuerola & Soler-Burillo, 2003).



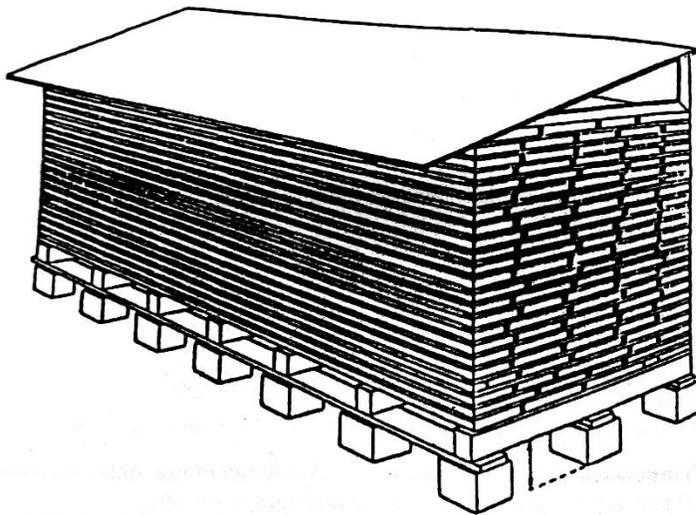
**Figura 1.** Colocación de tablas en aplicado horizontal.

Fuente: Cigalat-Figuerola y Soler-Burillo (2003).

---

<sup>3</sup> (Muñoz-Acosta, comunicación personal, 01 de agosto, 2018)

- El suelo donde se ubique la pila debe cumplir las siguientes consideraciones: debe estar libre de maleza, con salida para el agua de lluvia o al menos con un buen drenaje que lo mantenga lo más seco posible (Cigalat-Figuerola & Soler-Burillo, 2003)
- Cuando se realiza apilado al aire, se buscará que las piezas de madera queden protegidas de la lluvia y la luz del sol; por ello debe existir una instalación con techo (figura 2), para proteger la madera de la precipitación y la radiación ultravioleta (Salas-Garita, 2018).



**Figura 2.** Estructura con techo para el apilado horizontal de la madera.

Fuente: Álvarez y Seoane (1983).

- Se aconseja colocar pilotes de hormigón fijos, vigas de apoyo entre el suelo y las pilas que permitan la libre circulación del aire.
- Cuando se realiza apilado en caballete se aconseja separa las tablas entre uno y seis centímetros que componen cada capa (Fernández-Golfín, 1998).
- Cuando se realiza el apilado en caballete (figura 3) se debe colocar un aislante entre el suelo y la madera, de manera que esta no tenga contacto directo (Muñoz-Acosta, 2018).



**Figura 3.** Acomodo correcto del apilado en caballete.

#### B. Secado artificial

El secado artificial de la madera se realiza bajo condiciones controladas de temperatura, humedad relativa y velocidad de circulación de aire. Permite obtener madera con contenidos de humedad menores, entre 6–15%. Además, al ser más uniforme brinda mejor calidad de madera seca en un tiempo relativamente corto, en comparación con el secado natural (Córdoba-Foglia, 2005).

En Costa Rica, el secado al aire y al horno convencional son los métodos más utilizados (Muñoz-Acosta, 2008). La tecnología entre el secado al aire libre y el secado en horno convencional es el uso de secadores solares para madera aserrada. Esta tecnología es de bajo costo, muy accesible a los pequeños y medianos productores, requiere de un mantenimiento básico y no genera contaminación ambiental (Salas-Garita, Moya-Roque, Córdoba-Foglia, 2008). Existe un documento donde se describe su diseño y construcción. Dicha cita puede ser consultada en: Salas-Garita, C., Moya-Roque, R., & Córdoba-Foglia, R. (2008). *Diseño y construcción de un secador solar*

para madera. Kurú: Revista Forestal, 5(14), 1-26. Disponible en <http://revistas.tec.ac.cr/index.php/kuru/article/view/424/355>

### Clasificación de madera previo al secado

Antes de proceder a secar la madera esta se debe clasificar por especie, espesor, ancho y largo (Salas-Garita, 2018). El cuadro 1 se describe los tipos de clasificación que se pueden emplear antes del secado.

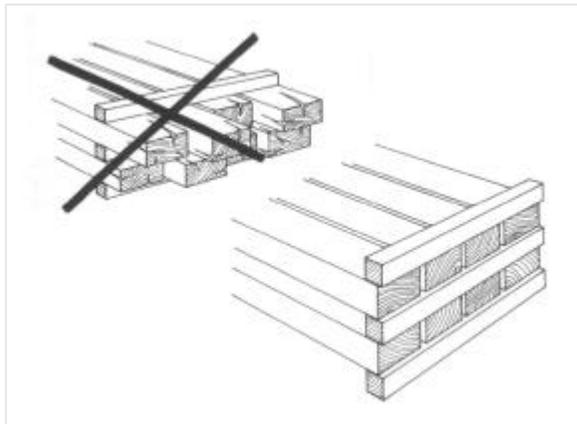
**Cuadro 1.** Clasificación de la madera antes del proceso de secado.

Criterio de clasificación	Comentario
Por especie	Maderas de secado rápido o lento, Madera con tendencia a sufrir defectos.
Por espesor	La velocidad del secado es afectada por el espesor de la madera. Las piezas de menor espesor se secan primero.
Por ancho	Es conveniente organizar las piezas de forma tal que queden espacios homogéneos y verticales “chimeneas” en el interior de la pila.
Por longitud	Para evitar deformaciones y rajaduras por extremos (alineamiento de separadores), el apilado es más fácil con piezas de la misma longitud.
Por CH	La madera aserrada proviene de distintos lotes de producción, lo que implica CH iniciales distintos, por lo que es conveniente separar diferentes espesores y especies.
Por calidad	Conviene clasificar por grados de calidad para secar la madera de mayor valor en condiciones menos severas. A veces la madera de menor calidad se usa para proteger las partes superiores y laterales de las pilas.

Fuente: Muñoz-Acosta (2008).

## Uso de listones o separadores de madera

Los listones se utilizan para separar hileras o camas de madera aserrada, facilitando así la circulación de aire a través de la pila. Estos deben fabricarse con madera libre de defectos y seca, con un contenido de humedad entre el 10-15% (Muñoz-Acosta, 2008). Se deben evitar separadores que tengan una cantidad excesiva de extractivos, ya que pueden ocasionar manchas en la madera (Muñoz-Acosta, 2018). Para disminuir la aparición de grietas por extremos en la madera, se deben alinear los separadores cerca de los bordes (figura 4) de la madera apilada (Muñoz-Acosta, 2008).



**Figura 4.** Acomodo adecuado de la madera con listones.

Fuente: Muñoz-Acosta (2008).

Se recomienda utilizar el espesor y los distanciamientos descritos en el cuadro 2 con el fin de crear mayor uniformidad durante el secado de la madera y así evitar deformaciones en las piezas.

**Cuadro 2.** Espesor y distanciamiento de separadores de acuerdo con el espesor de madera a secar.

Espesor madera (mm)	Espesor separador (mm)	Distancia entre separadores (mm)
<20	20-30	300-400
20-25	20-30	400-500
25-40	20-30	500-600
40-65	30-40	700-800
65-80	40	900
>80	45	1000

Fuente: Muñoz-Acosta (2008).

### Contenido de humedad en la madera

El contenido de humedad (CH) se define como la relación porcentual del peso del agua contenida en la madera, respecto a su peso seco (Córdoba-Foglia, 2005). Para determinar la humedad en la madera se establece una relación entre masas de agua contenida en una pieza y masa de la pieza anhidra, expresada en porcentaje. A este consiente se le conoce como contenido de humedad (Fritz-Durán, 2004).

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

Donde:

CH: contenido de humedad de la madera.

Pv: Peso de la madera en estado verde o inicial (gr)

Ps: peso de la madera en estado seco o final (gr)

Fuente: Coto- Portuguez (2015).

La madera según su contenido de humedad se puede clasificar en verde o seca. La madera verde es aquella cuyo contenido de humedad esta sobre el punto de

saturación de las fibras y su uso no se recomienda para obras de calidad (Tuk-Durán, 2010).

La norma INTE C99:2014 considera madera verde cuando el porcentaje de contenido de humedad es superior al 19% y seca, cuando el porcentaje de contenido de humedad es inferior al 19%, como se muestra en el cuadro 3.

**Cuadro 3.** Clasificación de la madera según el porcentaje de humedad.

<b>Tipo</b>	<b>Contenido de humedad</b>
Madera verde	Mayor de 19%
Madera seca	Menor o igual que 19%

Fuente: INTECO (2014).

**Nota.** El contenido de humedad de la madera es una propiedad que varía durante el tiempo según las condiciones del lugar donde se encuentra. De esta forma, se recomienda que en el diseño donde se va a poner en servicio la madera se considere las condiciones de temperatura y humedad relativa de la zona. Para el uso de madera seca, se recomienda especificar el porcentaje de humedad requerida.

### **Medición del contenido de humedad**

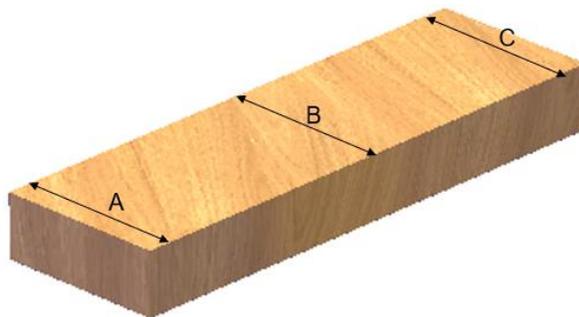
Un método no destructivo para estimar el contenido de humedad en muestras de maderas o en productos terminados, es por medio de la resistencia eléctrica al paso de la corriente, para ello se utilizan aparatos específicos denominados medidores eléctricos de humedad o higrómetro (figura 5). Dicho instrumento pincha la madera en

dos puntos muy próximos para formar un puente eléctrico, que permite medir la resistencia entre ambos electrodos (Tuk-Duran, 2010).



**Figura 5.** Medición del contenido de humedad en la madera con higrómetro.

La estimación del contenido de humedad se realiza con la medición de cada pieza en 3 posiciones distintas; una en cada borde a no menos de 3 cm y una al centro de la pieza.



**Figura 6.** Posiciones de medición del contenido de humedad de la madera.

Fuente: INTECO (2014).

Una vez concluidas las mediciones con el higrómetro en los puntos indicados en la figura 6, se procede a promediar para luego ser comparadas con el cuadro 3.

### **Importancia del contenido de humedad**

La madera es un producto orgánico que posee altos contenidos de humedad que deben ser controlados para obtener las condiciones óptimas en todos los procesos de transformación (Francisco-Santana, Castaño-Arboleda & Ortiz-Ríos, 2009). El contenido de humedad interfiere en la calidad de la madera para uso constructivo, en tres aspectos fundamentales:

- Estabilidad dimensional: la absorción y pérdida de agua produce movimientos de hinchazón y retracción.
- Agentes destructores: entre el 12 y el 45% de humedad, se desarrollan todos los ataques de agentes xilófagos, sea tanto hongos como insectos, que se alimentan de las materias nutritivas contenidas en la madera.
- Acabados exteriores: si la madera con un alto contenido de humedad es recubierta por un barniz tradicional, rígido y sumamente impermeable, el agua en el interior de la madera saldrá en forma de vapor, al calentarse por efecto de la radiación solar, y arruinará la capa de barniz (Urbán-Brotóns, 2013; Coto-Portuguez, 2015).

Es importante recalcar que la madera para uso estructural se debe llevar a un contenido de humedad adaptado donde esta prestará servicio (Muñoz-Acosta, 2018; Salas-Garita, 2018).

## **Tolerancia de dimensiones y clasificación visual de la madera.**

### **Terminología**

La siguiente terminología se rige según la norma INTE C98: 2015 “Terminología de madera”.

- Acanalado: es la distorsión de una tabla en la cual existe una desviación, en la dirección perpendicular a la cara, de una línea recta a lo largo del ancho de la tabla.
- Acebolladura: es la separación de leño o madera entre dos anillos
- Agujero por médula: espacio vacío que deja el desprendimiento de un nudo muerto
- Alabeo: cualquier variación de un plano o superficie verdadera. Incluye la arqueadura, encorvadura, acanalado o torcedura. Nota: en otros mercados se conoce el término alabeo como torcedura.
- Ancho: dimensión mayor de la sección transversal de una pieza.
- Arista faltante: es la falta de madera en una o más esquinas de una pieza de madera.
- Arqueadura (curvatura por cara): es la distorsión de una pieza de madera en la cual hay una desviación, en la dirección perpendicular a la cara, de una línea recta de extremo a extremo de la pieza.
- Bolsas de resina: es una cavidad bien delimitada y que contiene resina o gomas y por lo general se observa un color oscuro en esa región.
- Canto: superficie de la pieza correspondiente a la menor dimensión de la sección transversal
- Cara: superficie de la pieza correspondiente a la mayor dimensión de la sección transversal

- Clase o grado: la designación de la calidad de una pieza de madera manufacturada. En la terminología nacional, grado se utiliza específicamente para la madera estructural.
- Defecto: cualquier irregularidad o imperfección en la pieza de madera que disminuye su calidad o durabilidad, su resistencia o su utilización. Puede provenir del ataque de hongos, insectos, malas condiciones de crecimiento, anomalías del árbol o mal proceso de aserrío.
- Encorvadura (curvatura por canto): es la distorsión de una pieza de madera en la cual existe una desviación, en la dirección perpendicular al borde, de una línea recta de extremo a extremo de la pieza.
- Espesor: dimensión menor de la sección transversal de una pieza de madera
- Extremo(s) o cabeza: se refiere a la sección transversal de alguno de los extremos de una pieza de madera.
- Falla de cepillado: son propias de la madera cepillada y son áreas de la pieza de madera que han quedado sin cepillar.
- Fibra de madera: célula de madera comparativamente larga (1 mm o menos a 8,5 mm), angosta, con extremos cerrados e inclinados.
- Grano: la dirección, tamaño, arreglo, apariencia o calidad de las fibras en los productos de madera o a base de madera. Para tener un significado específico, el término debe ser calificado.
  - astillado: separación de las fibras que se da generalmente durante o después del corte transversal de la madera.
  - cruzado (inclinado): desviación de la fibra con respecto a una línea paralela a los lados de la pieza. Puede corresponder a grano diagonal o espiral o a la combinación de ambos.
  - diagonal: patrón del grano en el cual, los anillos de crecimiento forman un ángulo con el eje de la pieza como resultado de aserrar a un ángulo con la corteza del árbol o tronco. Una forma de grano cruzado.

- entrecruzado: madera en la cual las fibras se inclinan en una dirección en un número determinado de anillos de crecimiento, luego gradualmente se reversan y se inclinan en la dirección opuesta en los anillos subsiguientes y luego se reversan otra vez.
- espiral: madera en la cual, las fibras toman una dirección en espiral con respecto al tronco del árbol en vez de la dirección vertical normal. Puede extenderse en la dirección derecha o izquierda alrededor del árbol. Es una forma de grano cruzado.
- levantado: es la imperfección que se encuentra en la madera cepillada por la separación de capas de madera.
- rasgado o arrancado: son irregularidades en la superficie producida por las cuchillas de la cepilladora al levantar las partículas o quebrarlas bajo la superficie.
- recto: madera en la cual, las fibras se encuentran paralelas al eje de la pieza.
- vellosos o mechudos: se produce principalmente por el levantamiento de las fibras durante el cepillado de las tablas y posiblemente asociado con el desarrollo de madera de tensión.
  - Grieta: es la abertura producida por la separación de la madera en el sentido longitudinal.
  - Huecos de insectos: son orificios producidos en la madera por la acción de insectos, tales como termitas, barrenadores, entre otros.
  - Inclinación del grano: es la desviación angular que presenta el grano de la madera con respecto al eje longitudinal de una pieza de madera
  - Longitud (largo): es la distancia entre los extremos de una pieza.
  - Mancha: es una decoloración en la madera causada por diversos agentes como microorganismos, metales o químicos.
  - Manchas naturales: son variaciones en el color natural de la madera que se debe a la oxidación de azúcares o extractivos a la acción de las condiciones ambientales, como radiación solar, secado o caída esporádica de agua.

- Manchas por hongos: variaciones del color debido a la presencia de hongos los cuales atacan los componentes de la madera, sin que esto disminuya la resistencia de la madera.
- Marcas de sierra: cualquier tipo de irregularidades sobre la superficie de las piezas debido a los rodillos alimentadores, deslizamientos de las cuchillas, cortes de sierra, u otros.
- Marcas y mordidas de cuchilla: son las impresiones de cada uno de los cortes de cada cuchilla sobre la superficie de la madera cepillada. Las mordidas son una depresión debido al corte de las cuchillas generalmente en el extremo de una pieza.
- Nudo: tejido leñoso producido por el desarrollo de una rama, cuyo aspecto y propiedades son diferentes al resto de la pieza de madera.
  - espiga: un nudo que se corta de 0° a 45° con respecto al eje longitudinal de la rama.
  - suelto: es aquel nudo en que sus tejidos no están adheridos a la madera que le circunda. Su pérdida genera un orificio (nudo hueco).
  - sano: nudo libre de corteza o pudrición. El tejido del nudo se encuentra entrelazado con la madera que le circunda.
- Quebrantadura: es la fisura generada en la madera en pie, en donde la fibra de la misma está partida transversalmente.
- Rajadura: es la separación del tejido leñoso paralela a la dirección de las fibras, debido al desgarre de las células de madera.
  - corta: aquella cuya longitud es menor o igual que el ancho de la pieza.
  - mediana: aquella cuya longitud es mayor que el ancho de la pieza, pero menor que dos veces el ancho.
- Remolinado: cambio en la dirección de las fibras causado por la cercanía de un nudo, se observa como un veteado.
- Taladrado por insecto (pica de montaña): pequeñas cavidades generalmente menores de 2 mm de diámetro, producidas por insectos barrenadores (INTECO, 2015).

### Clasificación por tolerancia de dimensiones

La clasificación estructural de la madera es un proceso adicional de la madera para construcción, como lo es el aserrío, cepillado, secado y preservación (Tuk-Durán, 2010). Consiste en comprobar para cada pieza: la especie, las dimensiones actuales de ancho, espesor y longitud; además, debe comprobarse la sanidad de cada elemento, tomando en cuenta inclinación del grano, nudos, grietas, curvaturas, alabeo y debilitamiento por pudrición (Tuk-Durán, 2010).

La norma INTE [C99:2014](#) establece un cuadro de clasificación para la tolerancia de las dimensiones. El cuadro 4 describe tres clases de tolerancia de acuerdo con las dimensiones.

**Cuadro 4.** Clasificación por tolerancia en las dimensiones a lo largo de la misma pieza para madera cepillada verde y seca.

Dimensiones	Clase 1	Clase 2	Clase 3
Dimensiones en espesor o ancho menor que 50 mm	± 1mm	± 1,5mm	± 2mm
Dimensiones en espesor o ancho mayor que 50 mm	± 2mm	± 3,0mm	± 4mm
Longitud menor que 2,5 m.	+ 0,25%	+ 0,5%	+ 0,75%
Longitud mayor que 2,5 m.	+ 0,5%	+ 1%	+ 1,50%

Fuente: INTECO (2014).

## Clasificación por tolerancia de defectos

Los defectos se clasifican en dos tipos: defectos naturales del propio árbol y defectos artificiales debido al proceso de aserrado y de secado (Urbán-Brotóns, 2013).

La madera aserrada para uso general se clasifica según sus defectos a lo largo de la misma pieza en tres clases de calidad 1, 2 o 3. El cuadro 5 describe la tolerancia admisible para los defectos en la madera seca.

**Cuadro 5.** Clasificación por defectos a lo largo de la misma pieza para madera seca.

Defecto	Clase 1	Clase 2	Clase 3
Acebolladura	No se permite	No se permite	No se permite
Torcedura (mm/m)	Menor que 2	Entre 2 y 6	Mayor que 6
Arqueadura (curvatura por cara, mm/m)	Menor que 4	Entre 4 y 6	Mayor que 6
Acanalado (mm)	Menor que 3, sin importar el ancho	Entre 3 y 6	No se considera
Encorvadura (curvatura por canto, mm/m)	Menor que 2	Entre 2 y 6	Mayor que 6
Agujero (mm)	Diámetro menor que 4	Diámetro entre 4 y 25	Diámetro mayor que 25 pero inferior a un 33% del ancho de la pieza
Arista faltante	No se permite	Se admite aristas faltantes que abarquen hasta 33% del espesor, 33% del ancho, y que esté ubicada en uno de	Se admiten siempre y cuando abarquen hasta 33% del espesor y 33% del ancho

Defecto	Clase 1	Clase 2	Clase 3
		los cuatro extremos de la pieza	
Bolsas de resina (aplica para madera de pino)	Pequeñas (5 cm de longitud y 0,5 cm de ancho) máximo 1 por metro lineal	Pequeñas (5 cm de longitud y 0,5 cm de ancho): no se consideran Medianas (10 cm de longitud y 1 cm de ancho): máximo 1 por metro lineal	No se considera
Falla de cepillado (solo para madera cepillada)	No se permite	No se permite	Se permite un máximo 10% de la pieza
Mordidas por cuchilla (no aplica para madera sin cepillar)	No se permite	Se permite máximo 1 por pieza	No se considera
Grano levantado, velloso, rasgado (excepto que sea característico de la especie)	No se permite	5% de la longitud de la pieza de la madera	No se considera
Corteza incluida	No se permite	No se permite	Cuando el diámetro no sobrepase el 30% del espesor de la pieza
Quebrantadura	No se permite	Menores de 20 mm de longitud máxima 3 por metro lineal	Menores de 20 mm de longitud máximo 6 por metro lineal
Grano inclinado (el característico de la especie no se tiene en cuenta)	Con máximo de 1:12	Con máximo de 1:8	Con máximo de 1:6

Defecto	Clase 1	Clase 2	Clase 3
Grietas por cabeza(extremo)	Longitud en cara menor que 20 mm	Longitud entre 20 mm y 30 mm	Longitud entre 30 mm y 50 mm
Grietas por secado en cara	No se permite	Longitud menor que 20 mm	Longitud entre 20 mm y 50 mm
		Profundidad menor o igual que 2 mm	Profundidad entre 2 mm y 5 mm
		Se permiten como máximo 2 por metro lineal	Se permiten como máximo 5 por metro Lineal
Rajaduras	No se permiten	Cortas: únicamente en los extremos y menores de 50 mm	Cortas: no se consideran.
			Medianas: únicamente en los extremos y menores de 75 mm
Manchas	No se permite	Se permiten superficiales	No se consideran
Marcas de sierra (aplica para madera aserrada)	No se permite	Presentes en el 10% de la longitud	No se consideran
Nudos	Únicamente sanos y máximo 5 por metro lineal	Sanos sin restricción y sueltos menores de 20 mm de diámetro máximo 3 por metro lineal	Sanos sin restricción y sueltos menores de 20 mm de diámetro máximo 6 por metro lineal
Pudrición	No se permite	No se permite	No se permite
Taladrado	Pequeño (1 mm de diámetro o menos):	Pequeño (1 mm de diámetro o menos): máximo 20 por metro lineal	Pequeño (1 mm de diámetro o menos) no se considera

Defecto	Clase 1	Clase 2	Clase 3
	máximo 10 por metro lineal	Grande (mayor que 1 mm de diámetro): máximo 3 por metro lineal	Grande (mayor que 1 mm de diámetro): máximo 5 por metro lineal

Fuente: INTECO (2014).

En el cuadro 5 se consideran como inaceptable en cualquiera de sus clasificaciones las acebolladuras y la pudrición en la madera con un contenido de humedad menor al 19 %. La figura 7 muestra los defectos inadmisibles para madera seca de uso estructural.



**Figura 7.** Defecto de acebolladura y pudrición en madera para construcción.

Fuente: INTECO (2011).

Se recomienda consultar previo a realizar la clasificación visual, el anexo I de la norma INTE C98:2015, “Terminología de Madera”, donde se describen los defectos en la madera aserrada más comunes en Costa Rica.

## Preservado de la madera.

### Terminología

La siguiente terminología se rige según la norma INTE C333:2018 “Preservación de madera. Terminología”.

- **Albura:** parte externa del leño del árbol, rodeada por la corteza, y por lo general es de color blanco a amarillo pálido. Es la madera que contiene células vivas.
- **Autoclave:** tanque de acero, generalmente cilíndrico horizontal, cerrado herméticamente, donde se realiza la impregnación de la madera, a presiones diferentes a la atmosférica. Se le denomina también *cilindro de presión*.
- **Ciclo de impregnación o ciclo de tratamiento:** comprende todas aquellas operaciones destinadas a introducir el preservante en la madera.
- **Concentración de la solución:** cantidad de preservante disuelta en un volumen definido de solvente, se expresa generalmente en porcentaje de masa por volumen.
- **Degradación:** desintegración mecánica o química y decoloración de la superficie de la madera, causada por la exposición a la luz, la acción del polvo y de la arena transportada por el viento y las constantes contracciones y expansiones de las fibras exteriores, con la continua variación del contenido de humedad debido a los cambios de clima. La degradación no incluye la pudrición.
- **Densidad relativa:** cuando se aplica a la madera, se refiere a la razón entre la masa seca al horno de una muestra y la masa de un volumen de agua igual al volumen de la muestra, a cierto contenido de humedad especificado, como por ejemplo verde, seco al aire o seco al horno.
- **Durabilidad natural:** se refiere a la resistencia natural que presenta la madera al ataque de insectos u hongos, sin agregar ningún tipo de preservante en ella.

- Durabilidad de la madera tratada: resistencia adquirida a través del proceso de impregnación que ofrece la madera frente a organismos causantes de su deterioro.
- Duramen (corazón): parte interna del leño del árbol, rodeada por la albura. El duramen generalmente es de un color más oscuro que la albura, aunque la diferencia no siempre es claramente distinguible. Es la madera que no tiene células vivas.
- Lixiviación: extracción parcial o total de preservante de la madera por la acción del agua.
- Retención efectiva: cantidad de componentes activos del preservante que permanecen en la madera después del tratamiento. Se expresa en  $\text{kg/m}^3$ .
- Retención neta: cantidad de preservante en forma de compuesto líquido o seco que permanece en la madera después del tratamiento. Se expresa en  $\text{kg/m}^3$ .
- Penetración: medida de la profundidad a la cual entra el preservante en la madera en el sentido normal a las fibras.
- Poro: en la anatomía de la madera, término aplicado a la sección de un vaso o una traqueida vascular.
- Preservación: técnica para aumentar la durabilidad de la madera mediante la impregnación de preservantes contra el deterioro y destrucción causado por organismos vivos, sin descartar otros métodos o procesos que aumenten la durabilidad.
- Preservante: sustancia química que cuando se aplica de manera adecuada a la madera, hace que ésta sea resistente al ataque de hongos, insectos, taladradores marinos o condiciones ambientales.
- Proceso de preservación por difusión: proceso de transferencia de las sales en la solución preservante hacia la pared celular de la madera, debido a un gradiente de concentración.
- Pudrición: descomposición de la madera producida por la acción de hongos que destruyen la madera, lo que resulta en la pérdida de resistencia mecánica, dureza y peso y a menudo con cambios en su textura y color. (INTECO, 2018).

## Degradación de la madera

La madera, como otros materiales de construcción, puede deteriorarse con el tiempo. Debido a su naturaleza orgánica, está sometida a la acción de los distintos agentes degradadores, que la destruyen en mayor o menor medida y que actúan de muy diversas formas (Urbán-Brotóns, 2013). En el cuadro 6 se clasifican estos agentes, en dos bloques: abióticos o bióticos.

En Costa Rica se encuentra disponible un documento donde se detallan los daños causados en la madera por estos agentes. Dicha cita se puede consultar en: Berrocal-Jiménez, A. (2007). *Clasificación de daños producidos por agentes de biodeterioro en la madera*. Revista Forestal Mesoamericana Kurú, 4, 54-62. Disponible en: <http://revistas.tec.ac.cr/index.php/kuru/article/view/500>

**Cuadro 6.** Agentes bióticos y abióticos que pueden causar degradación en la madera.

Agentes abióticos	Agentes bióticos
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Humedad: produce cambios dimensionales y disminución de resistencia.</li><li>▪ Sol: fotodegradación y rayos ultravioleta.</li><li>▪ Temperatura: produce cambios de dimensiones.</li><li>▪ Agentes físicos y mecánicos.</li><li>▪ Fuego.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Insectos xilófagos, isópteros (termitas) y coleópteros.</li><li>▪ Hongos xilófagos: cromógenos y de pudrición.</li><li>▪ Xilófagos marinos.</li><li>▪ Bacterias.</li></ul>

Fuente: Urbán-Brotóns (2013).

Con la implementación de técnicas preventivas y tratamientos adecuados de preservación de la madera, se puede lograr que las estructuras de madera tengan una durabilidad comparable a la de otros materiales (Urban- Brotóns, 2013). Además, todas las especies pueden ser tratadas químicamente y al especificar los detalles constructivos adecuados se puede incrementar la vida útil de la madera usada en construcción indefinidamente (Tuk-Durán, 2010).

### **Tipos de protección de la madera**

La protección de la madera se puede dividir en dos tipos:

#### **A) Protección no química (protección por diseño constructivo):**

La protección por diseño constructivo consiste en no utilizar sustancias químicas para la protección de la madera, sino en recurrir a sus propiedades, en especial la durabilidad natural, para disminuir al máximo el efecto de agentes adversos a la madera, como humedad y condiciones climáticas. Asimismo, constituye un refuerzo adicional para la protección química (Cruz de León, 2010).

En este caso se recomienda utilizar diferentes técnicas de construcción para evitar su deterioro. Por ejemplo, se pueden emplear aleros amplios, ventilación del subsuelo y revestimiento para evitar que se acumule la humedad. También el uso de canoas y botaguas para prevenir la formación de goteras. Es importante evitar que la madera este en contacto directo con el suelo, para lo cual se recomienda usar bases de concreto o zócalo y con el uso de separadores metálicos se puede evitar que hongos y termitas tengan acceso a ella (Berrocal-Jiménez, 2008).

## B) Protección química

Consiste en la aplicación de sustancias químicas para mejorar la estabilidad dimensional y prolongar la vida útil de la madera, al hacerla resistente al ataque de hongos, insectos y fuego (Coulson, Witter & Jiménez-Ortega, 1990). Por ello, se usa principalmente en aquellas piezas de madera que estarán en el exterior o expuestas a condiciones climáticas adversas (Cruz de León, 2010).

A medida que las técnicas de preservación se han ido perfeccionando, la madera ha adquirido mayores posibilidades de uso. Actualmente se emplea en condiciones muy severas y como consecuencia, la madera preservada es considerada hoy en día como un material de larga duración (Cruz de León, 2010).

### **Métodos de protección química**

El método más eficiente para proteger la madera es la preservación, proceso por el cual se le adiciona un compuesto o elemento químico, que la vuelve tóxica para los agentes de biodeterioro (Berrocal-Jiménez, 2008). Los métodos de preservación se clasifican en dos:

A. Sin presión: como el brochado, inmersión, baño caliente-frío, difusión simple, doble difusión y el método de inmersión difusión.

B. Con presión: como el “boucherie”, el método vacío-presión en sus diferentes modalidades.

#### A. Preservación de la madera con el método sin presión

Este método se caracteriza porque la penetración del protector de la madera apenas supera unos milímetros de profundidad, pero es indicado para prevenir los ataques superficiales de insectos de ciclo larvario y evitar de forma temporal los

ataques de hongos y la radiación ultravioleta (Vignote-Peña & Martínez-Rojas, 2006).

Para proteger la madera que se encuentra en interiores, es decir, no expuesta a la intemperie ni en contacto con el suelo, se pueden usar las sales inorgánicas a base de boro como ácido bórico y borato de sodio (Bórax). El método más utilizado para proteger la madera con este tipo de preservante es el de inmersión-difusión, el cual consiste en sumergir la madera con alto contenido de humedad en la solución preservante (figura 8) por espacio de 2-3 minutos, posteriormente se cubre la madera con plástico para dar tiempo a que el boro difunda a través de ella. El tiempo que se deja la madera en difusión, va a depender de su espesor (Berrocal-Jiménez, 2008).



**Figura 8.** Tratando piezas de madera con preservante por el proceso de inmersión.

Moya, Leandro y Monge (2004) mencionaron que la preparación para el preservante con sales de boro debe estar saturada. Asimismo, detallaron su preparación en los siguientes cuatro pasos:

1. Determinar el volumen del tanque, por ejemplo, si el tanque es rectangular se miden sus tres dimensiones preferiblemente en metros, luego se calcula el volumen mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Volumen del tanque (m}^3\text{)} = \text{largo (m)} * \text{altura (m)} * \text{ancho (m)}$$

Es necesario tener el volumen en kilogramos para calcular las cantidades de sales necesarias:

$$\text{Volumen del tanque en (kg)} = 1000 * \text{volumen del tanque en (m}^3\text{)}$$

2. La cantidad de sales en kilogramos se calculan de la siguiente manera:

$$\text{Bórax} = \text{Volumen de tanque en (kg)} * 0,036$$

$$\text{Ácido bórico} = \text{Volumen del tanque en (kg)} * 0,024$$

3. Estas dos sales deben mezclarse en seco; A la mezcla preparada en seco se le va agregando al agua, mientras que se agita, hasta tener las sales totalmente disueltas.

4. La solución preparada debe diluirse hasta alcanzar un volumen aproximado a la mitad de la capacidad del tanque para evitar el derrame de preservante cuando se sumerge la madera.

#### B. Preservación de la madera con el método a presión

Este tratamiento es el más indicado cuando la madera va a estar expuesta a riesgos de humedad o al ataque de termitas, debido a que es una madera que estará al exterior o en contacto con el suelo. Entre los tipos de tratamientos aplicables se encuentra el tratamiento en autoclave (Vignote-Peña & Martínez-Rojas, 2006).

La autoclave es un cilindro de acero, que dispone de una bomba de vacío y otra de presión que comunica con los depósitos de productos protectores. El procedimiento operativo que se sigue para el tratamiento en autoclave se basa en

un vacío inicial, la aplicación del producto protector y un vacío final (Vignote-Peña & Martínez-Rojas, 2006). Ver figura 9.



**Figura 9.** Procedimiento de preservado de la madera en autoclave.

Fuente: Marley Eternit limited (s.f).

En el país, el principal problema del uso de los métodos vacío-presión es su costo y el bajo número de aserraderos o plantas de preservación que cuentan con el equipo necesario para hacer este trabajo; lo que hace del método a presión poco práctico para el sector en general; por ello, lo más frecuente y sencillo es el uso de preservación por inmersión o pintado (Alfaro-Pérez, 2013).

Durante el preservado de la madera y la manipulación posterior de la misma es recomendable el uso de equipo de seguridad (figura 10) como guantes para químicos, mascarilla, delantal, lentes de seguridad y botas.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> (Berrocal-Jiménez, comunicación personal, 30 de julio, 2018)



**Figura 10.** Equipo de seguridad personal para preservado de la madera.

La madera tratada debe comprobarse que el tratamiento solicitado queda acreditado mediante un certificado original que incluya la siguiente información: la especie de madera tratada, la cantidad de preservante utilizado, el método de aplicación empleado, el producto utilizado, su número de registro y la fecha en que se realizó el tratamiento (Fernández-Golfín, Diez-Barra, Mier-Pérez, 2003).

El método de preservado que se utilizará depende de las condiciones finales en las que estará la madera. Si la madera estará expuesta a la intemperie, se recomienda utilizar el método de preservado a presión, de lo contrario se puede utilizar el método sin presión (Berrocal-Jiménez, 2018).

**Nota:** Para conocer los riesgos de seguridad al entrar en contacto con preservantes químicos se adjuntan las fichas técnicas de tres preservantes empleados en el país para la protección de la madera. Ver anexo 1, 2 y 3. En caso de utilizar otro producto, se recomienda solicitar la hoja de seguridad a la empresa proveedora.

## **Determinación de la Penetración y retención del preservante en la madera**

La determinación de estas variables permite el control de calidad de la impregnación o de la aplicación de las sustancias preservantes.

Costa Rica aún no cuenta con normas nacionales que permitan determinar parámetros e indicadores de evaluación para la penetración y retención, por lo que se recomiendan normas internacionales como las de American Wood Preservers' Association (AWPA), normas europeas (EN) o normas chilenas (NCh). Por otra parte, El Instituto de Normas Técnicas publicó en el 2018 la norma INTE C333:2018 "Preservación de madera. Terminología", donde se incluye las variables de penetración y retención.

### **Penetración:**

Se define como la medida de la profundidad a la cual entra el preservante en la madera en el sentido normal a las fibras. Este se determina por medio de un ensayo de tinción que se realiza sobre la superficie transversal de una muestra mediante sustancias indicadoras, que sirven para determinar la presencia y la penetración del preservante en la madera (INTECO, 2018).

### **Retención:**

Se define como la cantidad de componentes activos del preservante que permanecen en la madera después del tratamiento. Se expresa en  $\text{kg/m}^3$  (INTECO, 2018). Esta se determina por medio de un análisis de espectroscopia de absorción atómica según la norma AWPA.

## **Transporte de madera.**

### **Terminología**

La siguiente terminología se rige según la norma NOM-006-STPS-2014 “Manejo y almacenamiento de materiales-Condiciónes de seguridad y salud en el trabajo”

- Capacidad de carga: El peso en kilogramos o toneladas que una máquina o dispositivo mecánico es capaz de levantar y bajar sin que ninguna de sus partes sufra deterioro, conforme a las especificaciones del fabricante.
- Carga manual: La actividad que desarrolla(n) uno o varios trabajadores para levantar, bajar, jalar, empujar, trasladar, transportar y/o estibar materiales, empleando su fuerza física o con el auxilio de vehículos de una, dos o más ruedas, sin locomoción propia, como carretillas, diablos o patines, entre otros.
- Eslinga: La banda, cuerda o cable de material flexible y resistente que asegura la unión entre el gancho de la grúa, polipasto o malacate con la carga a izar.
- Manejo de materiales: La acción de levantar, bajar, jalar, empujar, trasladar, transportar y/o estibar materiales, de manera manual o con la ayuda de maquinaria.
- Maquinaria: El conjunto de máquinas, vehículos o equipos que se emplean para levantar, bajar, jalar, trasladar, transportar y/o estibar materiales. Para efectos de la presente Norma, quedan incluidos como tales los polipastos, malacates, montacargas, grúas, transportadores, cargadores frontales o una combinación de éstos.
- Montacargas: El vehículo autopropulsado que se desplaza sobre el suelo y está destinado a levantar y trasladar cargas colocadas generalmente sobre tarimas, que poseen dos aberturas, en las cuales se introducen los brazos de las horquillas (Norma Oficial Mexicana NOM, 2014).

## Aspectos generales sobre el transporte de madera para construcción

Cuando se realiza el transporte de madera, se debe tener especial cuidado en no golpear los elementos, ya que se pueden dañar de manera irreparable (Arauco, *s.f.*). Con el fin de prevenir posibles daños en la madera, se colocan primero en la parte inferior las piezas más amplias como columnas, vigas de apoyo, clavadores, cadenillo perimetral y luego las piezas más pequeñas, de esta manera se distribuyen el peso de la carga.<sup>5</sup>

Se recomienda proteger la madera con film retráctil o plástico para embalar en los bordes. Una vez realizada la carga de la madera se debe usar una lona o capote (figura 11) para proteger la madera y así mantenerla seca durante el transporte.<sup>4</sup>



**Figura 11.** Uso de lona plástica sobre la madera para su protección contra la lluvia durante el transporte.

Además, se emitirá una guía que portará el conductor encargado de transportar la madera, esta deberá contener la siguiente información:

---

<sup>5</sup> (Paniagua, comunicación personal, 14 de agosto, 2018)

- ✓ La fecha de carga de madera
- ✓ Los componentes incluidos en la carga con su respectiva cantidad
- ✓ La firma del encargado de emitir dicho documento

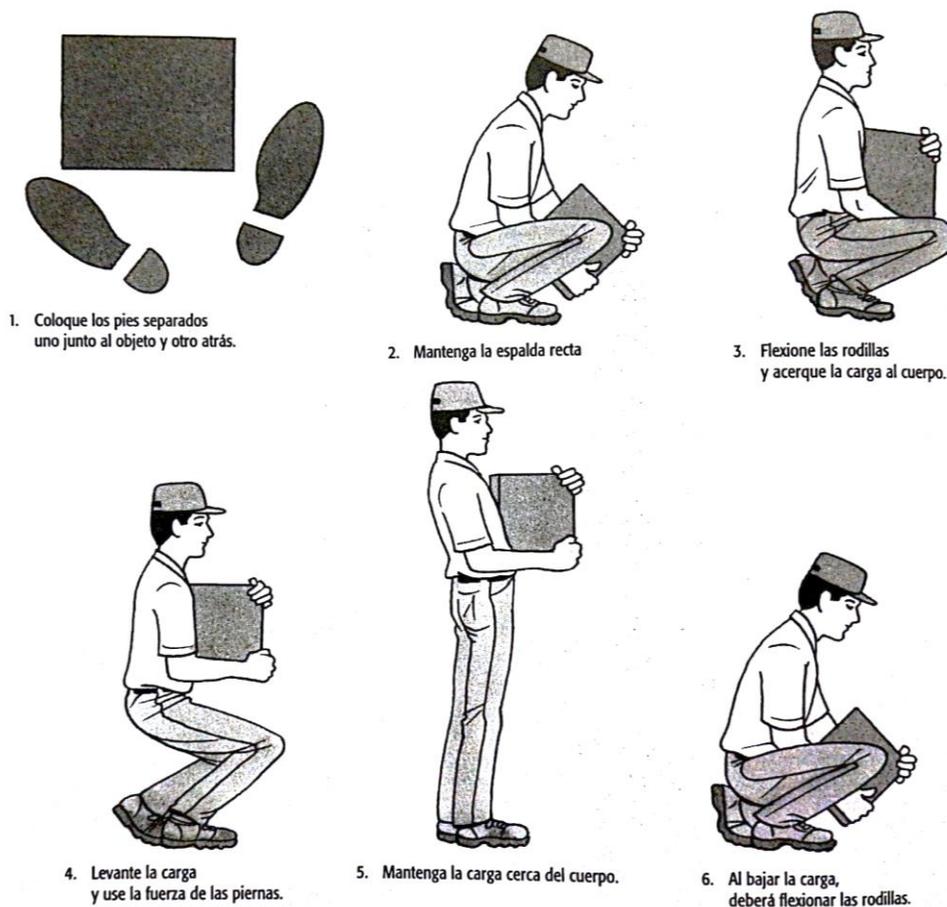
En caso de transportar material adicional, este debe ir indicado en el documento.<sup>4</sup>

## **Métodos de carga de la madera**

### **A. Carga manual**

Este tipo de movimientos es muy frecuente en las obras de construcción, por tanto, el causante de la mayoría de las lesiones físicas que se producen (Orellana-Rodríguez, 2011). A continuación, se mencionan algunas recomendaciones de seguridad para ser aplicadas antes, durante y después de realizar un movimiento de carga manual:

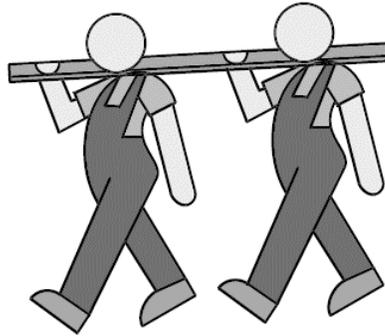
- Verificar la forma, dimensiones y presencia de aristas cortantes o vértices puntiagudos, de los materiales por manejar.
- Verificar la trayectoria para el transporte de la carga, subiendo o bajando escaleras, rampas inclinadas, plataformas, vehículos, tránsito sobre superficies resbalosas o con obstáculos que puedan generar riesgo de caídas (Orellana-Rodríguez, 2011).
- Cuando se baje con la carga se deben doblar las rodillas, manteniendo la cabeza y la columna rectas (Figura 12). La carga tiene que sostenerse firmemente, usando la palma de la mano y todos los dedos. Además, la carga debe permanecer durante el transporte lo más cercana al cuerpo que se pueda (Orellana-Rodríguez, 2011).



**Figura 12.** Pasos para un correcto levantamiento de carga.

Fuente: Consejo de Salud Ocupacional (1993)

- La distancia por recorrer no debe excederse en longitud, ni mantener la carga durante mucho tiempo. Del mismo modo, no deben hacerse movimientos bruscos ni giros mientras se está transportando la carga.
- Cuando la carga sea muy pesada o el volumen a desplazar demasiado grande, se recomienda que el transporte se haga entre dos personas de alturas similares (figura 13).
- Las tablas deben levantarse manteniendo recta la columna, se colocan sobre el hombro, se equilibran y se transportan con las manos hacia adelante.



**Figura 13.** Correcto desplazamiento de tablas.

Fuente: (Orellana-Rodríguez, 2011)

- Durante la carga manual debe existir un encargado de dirigir el proceso que genere una buena coordinación entre los trabajadores.<sup>4</sup>
- El personal debe utilizar equipo de protección personal como casco, chaleco de seguridad y zapatos con punta de acero.<sup>6</sup>
- Comprobar que el peso de la carga en hombres de entre 18 y 35 años no supere los 25 kg y en mujeres no sea mayor a 10 kg (NOM, 2014).

#### B. Carga mecánica

Se define como el movimiento de carga que se producen con algún tipo de máquina, tales como carretillas de mano, montacargas, entre otras (Orellana-Rodríguez, 2011).

A continuación, se describen las recomendaciones generales durante uso de máquinas en el movimiento de cargas:

- Las máquinas deben ser utilizadas solo por trabajadores capacitados y autorizados para ello (Orellana-Rodríguez, 2011).

---

<sup>6</sup> (Vargas-Castro, comunicación personal, 28 de julio, 2018)

- Al inicio de cada jornada se hará una revisión visual y prueba funcional de la maquinaria, para verificar el buen estado y funcionamiento de los siguientes elementos:
  - Controles de operación y de emergencia.
  - Dispositivos de seguridad.
  - Sistema de neumáticos, hidráulicos, eléctricos y de combustión.
  - Señales de alerta y control (Vargas-Castro, 2018).
- El acceso a las áreas de operación de la maquinaria estará delimitado y se evitará a trabajadores o personas ajenas a los trabajos de manejo de materiales, además dichas áreas deben estar libres de obstáculos (Orellana-Rodríguez, 2011).
- Una vez iniciado el movimiento de carga, el operario destinado a tal efecto no podrá alejarse de la máquina sin pararla.
- Queda prohibido exceder la carga máxima de utilización de la maquinaria empleada en el manejo de materiales y el recalentamiento de esta. Así como, dejar una carga suspendida sin la presencia del operador (Orellana-Rodríguez, 2011).

### **Máquinas y equipos utilizados en el transporte de estructuras de madera**

El tipo de maquinaria y equipos que se utilizan en el transporte de material acopiado es muy diverso y depende de la distancia a recorrer, de la carga a transportar y su volumen (Orellana-Rodríguez, 2011).

#### **A. Montacargas frontal**

La facilidad de manejo y movilidad de estos equipos han hecho que en la actualidad sean los equipos más utilizados en el movimiento de madera, tanto en rollo como aserrada (García, Guindeo-Casasús, Peraza-Oramas & palacios de palacios, 2002).

Cuando se manipula madera con esta máquina es recomendable seguir los siguientes lineamientos:

- El conductor debe conocer a la perfección las características, posibilidades, maniobrabilidad y limitaciones del montacargas.
- Se debe contar con una señal de advertencia audible que se active automáticamente cuando el cargador frontal se mueva en reversa.
- La carga de combustible se efectuará en una zona ventilada. Además, se contará con equipo para la atención de emergencias por incendio que puedan presentarse, conforme al tipo y cantidad de combustible utilizado.
- Realizar la revisión y mantenimiento con la frecuencia indicada por el fabricante.
- Retirar del servicio los montacargas frontales que presenten anomalías en su funcionamiento.
- Comprobar los frenos, la dirección, los sistemas de elevación, el claxon, el nivel de combustible, los niveles de agua y aceite, la batería, etcétera.
- Está totalmente prohibido el manejo de dos montacargas frontales al mismo tiempo para transportar cargas pesadas, solo es posible este tipo de operaciones en presencia de técnicos especializados.
- Antes de empezar a moverse, hay que asegurarse de que la carga está equilibrada y asegurada al soporte.
- El montacargas frontal debe quedar estacionada en un lugar plano y si hubiese alguna pendiente, habría que dejar las ruedas calzadas.
- Si el montacargas presenta alguna anomalía, será el personal técnico especializado quien lo repare (NOM, 2014).

## B. Eslinga

Cuerda gruesa de fibras sintéticas o vegetales, o cable trenzado o cadena, generalmente de acero, provista de un gancho, una gaza, para levantar grandes pesos o para manipular cargas (Soler, 2017). Cuando se utilizan eslingas es recomendable seguir los siguientes lineamientos:

- Utilizar sólo eslingas marcadas o etiquetadas con los datos de capacidad de carga y cerciorarse que ésta sea superior al peso de la carga por levantar.
- Comprobar que la zona de cosido de la eslinga de cinta nunca entre en contacto con la carga.
- Almacenar las eslingas textiles en lugares limpios, secos, lejos de fuentes de calor y rayos ultravioleta o luz solar.
- Prohibir que se utilicen eslingas dañadas, se realicen nudos en las eslingas o se arrastre la carga a izar sobre las eslingas.
- Marcar o etiquetar las que hayan sido revisadas para indicar que pueden ser utilizadas, con la vigencia de la revisión.
- Retirar del servicio las eslingas que presenten signos de ruptura, fatiga, deformación u otra condición que pudiera generar daños a los trabajadores o a las instalaciones.
- Se debe verificar que la tensión ejercida sobre la carga por la eslinga no dañe la madera durante el viaje (NOM, 2014).

### C. Ángulo de protección o cartonera

Es un elemento en forma de “L”, generalmente de cartón o plástico (figura 14), que se sitúa en las esquinas de los elementos, justo debajo del paso del fleje, con el fin de evitar que la tensión que este ejerza dañe la mercancía (Soler, 2017; Arauco, *s.f.*).



**Figura 14.** Madera con ángulo de protección de cartón.

### D. Fleje

Tira de metal, goma o plástico (figura 15) resistente a la tracción utilizada para sujetar, asegurar y reforzar el embalaje de las unidades de carga o para amarrar la unidad de carga al vehículo de transporte (Soler, 2017). La cual si se ejecuta de forma correcta contribuye a la estabilidad de la madera durante el transporte (Paniagua, 2018).



**Figura 15.** Madera con fleje plástico y ángulo de protección.

## **Aspectos legales para el transporte de carga en Costa Rica**

En Costa Rica, La ley de tránsito mencionó en el artículo 114 algunas de los lineamientos necesarios de la carga. Los conductores de vehículos de carga liviana y carga pesada deberán acatar las siguientes disposiciones:

- La carga debe estar bien sujeta y acondicionada.
- La carga no debe obstruir la visibilidad del conductor ni dificultar la conducción del vehículo.
- La carga debe transportarse de forma que no provoque inconvenientes por desprendimiento o que dificulte el tránsito de otros vehículos.
- La carga no debe ocultar las luces del vehículo ni el número de la placa.
- Todos los accesorios, que sirvan para acondicionar o proteger la carga, deben reunir las condiciones de seguridad reglamentarias.
- Cualquier carga que sobresalga de la parte trasera, delantera o lateral del vehículo, debe estar señalada con banderas rojas y con dispositivos proyectores de luz durante la noche. La carga no debe hacer contacto con la vía.
- En casos excepcionales de cargas indivisibles, se permite la circulación de los vehículos con exceso de carga o dimensiones permitidas, siempre que estos cumplan el reglamento y los permisos necesarios otorgados por el órgano competente del MOPT.
- Únicamente podrán cargar y descargar de conformidad con los horarios y lugares acordados por el órgano competente del MOPT.
- Los vehículos de más de cuatro mil kilogramos deben someterse al pesaje en las casetas destinadas para tal efecto.
- Los vehículos de carga pesada deberán portar la tarjeta de pesos y dimensiones, extendida por el órgano competente del MOPT, conforme se establezca reglamentariamente (Consejo de Seguridad Vial, 2012).

Se sugiere consultar la legislación correspondiente a dimensiones y pesos máximos en el país. En Costa Rica se encuentra disponible la Ley de tránsito donde se pueden consultar las dimensiones y pesos máximos. Dicha cita está disponible en: Consejo de Seguridad Vial. (2012). Ley de Tránsito. San José. Costa Rica. Recuperado de <https://www.csv.go.cr/normativa-de-transito>.

## **Almacenaje de la madera en el sitio de construcción**

### **Terminología**

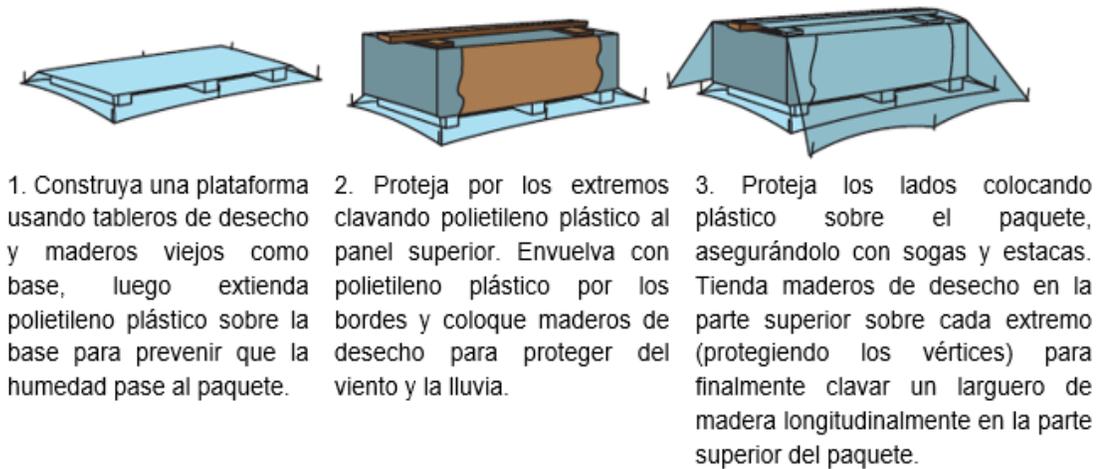
- Almacenamiento: la acción de colocar los materiales o contenedores, de modo ordenado, en elementos estructurales, estantes, plataformas o en una estiba, por medio del uso de maquinaria o de manera manual.
- Estiba: el apilamiento de materiales o contenedores uno encima de otro de modo ordenado a nivel del piso, o en tarimas, estructuras o plataformas (NOM, 2014).

### **Especificaciones para el área de acopio de la madera**

El almacenamiento de materias primas y productos terminados constituye una actividad cotidiana que realizan las empresas. Sin embargo, los métodos que se utilicen para el manejo de los materiales pueden representar factores de riesgo que ocasionan no sólo accidentes laborales sino también posibles daños o deterioro de los bienes almacenados (Chinchilla-Sibaja, 2002). Por ello existe una serie de recomendaciones a tener en cuenta en las zonas de acopio de maderas en obras de construcción:

- Los centros de trabajo deberán disponer de espacios específicos para el almacenamiento de materiales las cuales deben contar con:
  - ✓ Orden y limpieza.
  - ✓ Pisos firmes, nivelados, y de resistencia mecánica, con base en el peso de las estibas que soportarán.
  - ✓ Zona de circulación con anchos en función de la técnica utilizada para la colocación y extracción de los materiales.

- El acopio de la madera se preservará de la intemperie y de humedades; en el caso de no existir una bodega, se debe proteger la madera con una cubierta de plástico temporalmente (Orellana-Rodríguez, 2011). Ver figura 16.



**Figura 16.** Procedimiento para proteger la madera de la intemperie.

Fuente: Orellana-Rodríguez (2011).

- Cuando se cubre la madera con polietileno, se debe verificar que exista una adecuada ventilación (Arauco, s.f.).
- En las zonas donde esté acopiada la madera, deberán existir extintores y un cartel que diga “No fumar, material inflamable” (NOM, 2014).
- La madera se estibarà sobre superficies niveladas y la zona de debe estar limpia de puntas, clavos o escombros (Orellana-Rodríguez, 2011).
- Cuando se realiza la estiba la altura máxima de la carga, no debe ser superior a 1,5 metros y su carga máxima conjunta no debe superar los 1000 Kg (Chinchilla-Sibaja, 2002).
- En la medida de lo posible y con objeto de no tener que utilizar una sierra de cinta o circular en obra, las piezas de madera llegarán a obra pre-armadas.

- Cerca de las zonas de trabajo deben existir contenedores de recortes y deshecho (NOM, 2014).

### **Especificaciones para el acopio de la madera**

Fernández-Golfín, Diez-Barra y Mier-Pérez (2003); Orellana-Rodriguez (2011) mencionaron las siguientes recomendaciones para el acopio de la madera en sitio de construcción:

- A la hora de acopiar el producto en obra, si está aún con una humedad por encima del 19 %, el acopio se realizará en un lugar bajo cubierta, bien ventilado y de forma que entre capa y capa de piezas se coloquen separadores que faciliten dicha ventilación. Dentro de una misma capa, las piezas estarán separadas entre sí de 3 a 4 cm. La primera capa de material no se colocará sobre el suelo, sino sobreelevada del mismo entre 20 y 30 cm.
- Si el material a acopiar se encuentra seco, se puede realizar el almacenaje sin separadores intermedios, pero manteniendo siempre la ventilación y bajo cubierta o elementos protectores como lonas o plásticos. Se mantendrá igualmente la elevación del material del suelo de 20 o 30 cm.
- Si la madera se moja durante la puesta en obra debe ser dejada secar al aire antes de proceder a la colocación de elementos y sistemas auxiliares y sistemas auxiliares que impidan su correcta ventilación, por ejemplo, plástico.
- Las tablas se apilarán sobre terrenos uniformes y resistentes en paquetes plegados compactos flejados (que facilitan la manipulación) y formando pilas asentadas en su base sobre calzos de madera dispuestos transversalmente, con una longitud igual a la anchura del paquete

- No es recomendable apilar tablones sobre paquetes que ya están desflejados, para evitar deslizamientos. En caso de apilar tablones sueltos, se hará siguiendo una línea de grada, ubicándose debajo lo de mayor longitud y anchura.
- Los listones se almacenarán en forma vertical dada su poca consistencia y estabilidad.
- No someter las piezas estructurales almacenadas a tensiones mayores de las previstas.
- En el proceso de almacenaje, se tendrá especial atención en no dañar los cantos, así como los acabados de estos.
- Apilar la madera de manera tal que siempre se coloquen los de mayor peso en la parte inferior (Salas-Garita, 2018).
- Realizar la desestiba de madera desde la parte superior, a efecto de no comprometer la estabilidad del apilamiento (NOM, 2014).
- Colocar calzas en la capa inferior, cuando se apile madera cilíndrica tendidos horizontalmente, para evitar deslizamientos accidentales (NOM, 2014).

Para conocer detalladamente las especificaciones de seguridad sobre las obligaciones de la persona empleadora y las obligaciones de la persona trabajadora para este procedimiento, se recomienda consultar la norma INTE T32:2016 salud y seguridad en el trabajo. Condiciones de seguridad e higiene para la estiba y desestiba de los materiales y equipos en los centros de trabajo.

## Referencias

- Arauco Soluciones. (s.f.) *Folleto técnico terminación y mantención*. Recuperado de [https://www.araucosoluciones.com/\\_file/02\\_16099\\_hilam\\_terminacion\\_y\\_mantencion-web\\_3451.pdf](https://www.araucosoluciones.com/_file/02_16099_hilam_terminacion_y_mantencion-web_3451.pdf) / [Consulta 22 de ago. 2018].
- Alfaro-Pérez, J. (2013). *Estudio de retención y penetración de tres preservantes comerciales en nueve especies maderables*. Revista de la Universidad de Costa Rica Ingeniería. 23 (1), 107-119.
- Álvarez, H. & Seoane, I. (1983): *Contenido de Humedad de la madera según su empleo [Fotografía]*. Madrid, España: Editorial AITIM. 114, 4-9.
- Barrantes-Rodríguez, A. & Ugalde-Alfaro, S. (2018). *Balance comercial y principales tendencias de las exportaciones e importaciones de madera y muebles de madera en Costa Rica*. Oficina Nacional Forestal ONF. Heredia, Costa Rica. 30.
- Barrantes-Rodríguez, A. & Ugalde-Alfaro, S. (2018). *Usos y aportes de la madera en Costa Rica*. Oficina Nacional Forestal ONF. San José, Costa Rica. 38 p.
- Berrocal-Jiménez, A. (2008). *Sistemas de preservación de madera para la construcción*. Revista Forestal Mesoamericana Kurú. 5(15), 1-5.
- Cigalat-Figuerola, E., & Soler-Burillo, M. (2003). *Guía de las principales maderas y de su secado*. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa. 542 p.
- Chinchilla-Sibaja, R. (2002). *Salud y seguridad en el trabajo*. San José, Costa Rica: EUNED. 392 p.
- Consejo de Salud Ocupacional y Ministerio de Educación Pública. (1993). *Antología salud ocupacional [Fotografía]*. San José, Costa Rica: s.ed.

- Consejo de Seguridad Vial. (2012). *Ley de Tránsito*. San José. Costa Rica. Recuperado de <https://www.csv.go.cr/normativa-de-transito/> [Consulta 23 jul. 2018].
- Córdoba-Foglia, R. (2005). *Conceptos básicos sobre el secado de la madera*. Revista Forestal, Costa Rica, 2(5), 1-5.
- Coto-Portuguez, A. (2015). *Manual de uso de la madera para la construcción*. San José, Costa Rica: Grupo Nación. 115 p.
- Coulson, R. N., Witter, J. A., & Jiménez Ortega, J. (1990). *Entomología forestal: ecología y control*. México: LIMUSA.
- Cruz de León, J. (2010). *Manual para la protección contra el deterioro de la madera*. Morelia, Mexico: Conafor. 90 p.
- Franco-Santana, J. E., Castaño-Arboleda, N., & Ortiz-Ríos, L. M. (2009). *Secado natural, manejo y transformación de la madera*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas- Sinchi. Bogotá D.C., Colombia: Digiprint Editores E.U. 28 p.
- Fernández-Golfín, S, & Alvarez-Noves, H. (1998). *Manual de Secado de Maderas*. Centro de Investigación Forestal. España. 169 p.
- Fernández- Golfín, S., Diez-Barra, M., Hermoso-Prieto, E., Mier- Pérez, R. (2003). *Manual de clasificación de madera*. AITIM.
- Fritz-Durán, A. (2004). *Manual La construcción de viviendas en Madera*. Centro de Transferencia Tecnológica. Santiago, Chile: CORMA. 117 p.
- García-Esteban, L., Guindeo-Casasús, A., Peraza-Oramas, C. & Palacios de Palacios, P. (2002). *La madera y su tecnología*. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa. 322 p.

Ibáñez-Ojeda, C., Mantero-Álvarez, C., Rabinovich, M., Cecchetto, G., & Cerdeiras-González, P. (2012). *Deterioro y preservación de madera*. Revista Digital Universitaria UNAM.13(5). Recuperado de: <http://www.revista.unam.mx/vol.13/num5/art55/index.html/> [Consulta 5 ago. 2018].

Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO). 2011. [INTE C98:2015](#): Norma de terminología de maderas. San José, Costa Rica.

Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO). 2014. [INTE C99:2014](#): Madera aserrada para uso general. Requisitos. San José, Costa Rica. p.7-10.

Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO). 2018. INTE C333:2018: *Preservación de madera. Terminología*. San José, Costa Rica.

Marley Eternit Limited [Fotografía]. Recuperado de [https://cms.esi.info/Media/documents/65557\\_1534157191015.pdf](https://cms.esi.info/Media/documents/65557_1534157191015.pdf) [Consulta 10 set. 2018].

Muñoz-Acosta, F. (2008). *Secado de la madera aserrada*. Revista Forestal Mesoamericana Kurú, 5(13), 1-6.

Norma Oficial Mexicana NOM. (2014). *NOM-006-STPS-2014, manejo y almacenamiento de materiales - Condiciones de seguridad y salud en el trabajo*. México. Recuperado de [https://www.sinec.gob.mx/SINEC/Vista/Normalizacion/DetalleNorma.xhtml?pid\\_n=NHRMTjA1d0hVZHBzVmsxUjVpWnQrUT09](https://www.sinec.gob.mx/SINEC/Vista/Normalizacion/DetalleNorma.xhtml?pid_n=NHRMTjA1d0hVZHBzVmsxUjVpWnQrUT09) [Consulta 5 ago. 2018].

Orellana-Rodríguez, M. (2011). *Instalación de estructuras de madera: instalación de elementos de carpintería (MF0886\_2)*. Málaga: IC Editorial. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/itcrsp/detail.action?docID=3212630> [Consulta 23 jul. 2018].

- Salas-Garita, C., Moya-Roque, R., & Córdoba-Foglia, R. (2008). *Diseño y construcción de un secador solar para madera*. Kurú: Revista Forestal, 5(14), 1-26. Disponible en <http://revistas.tec.ac.cr/index.php/kuru/article/view/424/355> [Consulta 27 jul. 2018].
- Santana, J. E. F., Arboleda, N. C., & Ríos, L. M. O. (2009). *Secado natural, manejo y transformación de la madera*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas "SINCHI".
- Serrano-Montero, J. R., & Moya-Roque, R. (2012). *Procesamiento, uso y mercado de la madera en Costa Rica: aspectos históricos y análisis crítico*. Revista Forestal Mesoamericana Kurú, 8(21), 1-12.
- Soler, D. (2017). *Unidades de carga en el transporte (2a. ed.)*. Barcelona: Marge Books. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/itcrsp/detail.action?docID=5045314> [Consulta 23 jul. 2018].
- Tuk-Durán, J. (2010). *Madera: Diseño y construcción*. San José: Ediciones Sanabria, S.A.
- Urbán Brotóns, P. (2013). *Construcción de estructuras de madera*. Alicante: ECU. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/itcrsp/detail.action?docID=3214339> [Consulta 5 ago. 2018].
- Vignote-Peña, S. & Martínez-Rojas, I. (2006). *Tecnología de la madera*. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa. 678 p.

## Anexos

### Anexo 1. Hoja de seguridad para el preservante Xilocromo.

#### HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

<b>SECCIÓN I: IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO E INFORMACIÓN DEL FABRICANTE</b>			
NOMBRE COMERCIAL DE LA SUSTANCIA		Xilocromo	
NOMBRE COMUN O GENERICO		Preservante para curar madera	
NOMBRE DE LA COMPAÑIA FABRICANTE		Central de Servicios Químicos, S.A.	
DIRECCIÓN DEL FABRICANTE		El Alto de Ochomogo, Cartago, Costa Rica.	
Nº DE TELEFONO	(506) 2279-7985	Nº DE FAX	(506) 2279-3937
TELEFONOS DE EMERGENCIA	(506) 2223-1028	911	
<b>SECCIÓN II: COMPOSICIÓN E INFORMACIÓN SOBRE LOS INGREDIENTES PELIGROSOS</b>			
NOMBRE COMUN O GENERICO DEL COMPONENTE PELIGROSO		%	Nº DE CAS
Sulfato de cobre		2-10%	7758-98-7
Ácido bórico		2-10%	10043-35-3
Dicromato de potasio		2-10%	7778-50-9
Ácido sulfúrico		0.5-5%	7664-93-9
Fluoruro de sodio		0.6-5%	7681-49-4
<b>SECCIÓN III: IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS Y EFECTOS POR EXPOSICIÓN</b>			
EFECTO POR:		DETALLE	
INHALACION		Inhalación produce daños en la membrana mucosa y tracto respiratorio superior, los síntomas son irritación de nariz, garganta y dificultad para respirar. Puede causar edema pulmonar.	
INGESTION		Corrosivo! Puede causar severas quemaduras de la boca, garganta y estomago, llevando a la muerte. Puede causar dolor de garganta, vomito y diarrea.	
CONTACTO CON LOS OJOS		Corrosivo! El contacto puede causar visión borrosa, enrojecimiento, dolor y severas quemaduras al tejido que pueden conducir a la ceguera.	
CONTACTO CON LA PIEL		Corrosivo! Síntomas de enrojecimiento, dolor y severa quemadura. Colapso circulatorio con piel pegajosa, debilidad y pulso acelerado, respiraciones superficiales y orina escasa, esto conduce a la muerte.	
CARCINOGENICIDAD		Se ha encontrado que los vapores que contienen ácido sulfúrico son carcinogénicos; esto no aplica al ácido sulfúrico o disoluciones de ácido sulfúrico. El dicromato de potasio presenta esta propiedad.	
MUTAGENICIDAD		El NaF, el H <sub>2</sub> BO <sub>3</sub> , el CuSO <sub>4</sub> y el K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> se han investigado como tal.	
TERATOGENICIDAD		El NaF, el H <sub>2</sub> BO <sub>3</sub> , el CuSO <sub>4</sub> y el K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> se han investigado como tal.	
NEUROTOXICIDAD		Ningún efecto conocido.	
SISTEMA REPRODUCTOR		El NaF, el H <sub>2</sub> BO <sub>3</sub> y el K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> se ha investigado como tal.	
OTROS		Personas con problemas de piel, ojos o desordenes respiratorios son más susceptibles a los efectos de los ingredientes de este producto.	
SOBREEXPOSICION		Daño a los dientes.	
ÓRGANOS BLANCO		Piel, tracto respiratorio.	
<b>SECCIÓN IV: PRIMEROS AUXILIOS</b>			
CONTACTO OCULAR		Lave durante 15 min. con abundante agua asegurando que el párpado esté bien abierto. Busque atención médica de inmediato.	
CONTACTO DERMICO		Lave de inmediato la parte afectada con abundante agua durante 20 minutos, mientras retira la ropa y zapatos contaminados. El exceso de ácido en la piel puede ser neutralizado con una disolución al 2% de bicarbonato de sodio. Acuda al médico de inmediato.	
INHALACION		Lleve al paciente a que respire aire fresco. Si no respira de respiración artificial, si respira con dificultad, suministre oxígeno. Acuda al médico de inmediato.	
INGESTION		Tome grandes cantidades de agua. ¡No inducir el vómito! Acuda al médico.	
<b>SECCIÓN V: MEDIDAS CONTRA EL FUEGO</b>			
PUNTO DE INFLAMABILIDAD		No aplica.	
LÍMITES DE INFLAMABILIDAD		No aplica.	
AGENTES EXTINTORES		CO <sub>2</sub> , polvo químico, espuma o arena seca.	

<b>EQUIPO DE PROTECCIÓN PARA COMBATIR FUEGO</b>	Use el equipo de aire autónomo de presión positiva (SCBA) y ropa protectora contra químicos. Se puede usar niebla de agua para enfriar los contenedores.
<b>PRODUCTOS PELIGROSOS POR COMBUSTIÓN</b>	Gases tóxicos y corrosivos.
<b>SECCIÓN VI: MEDIDAS EN CASO DE DERRAME O FUGA</b>	
Eliminar todas las fuentes de ignición. Todo el equipo que se use durante el manejo del producto deberá estar conectado eléctricamente a tierra. No tocar los recipientes dañados o el material derramado a menos que se esté usando ropa adecuada. Prevenga la entrada hacia vías navegables, alcantarillas, sótanos o áreas confinadas. Neutralice con un material alcalino y absorba con tierra seca, arena u otro material absorbente no combustible y transferirlo a contenedores. <b>NO INTRODUCIR AGUA EN LOS RECIPIENTES</b>	
<b>SECCIÓN VII: MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO</b>	
<b>TEMPERATURA ALMACENAMIENTO</b>	Mayor a 1 °C y menor de 40 °C.
<b>CONDICIONES ALMACENAMIENTO</b>	En áreas bien ventiladas, con pisos resistentes y buen drenaje, protegidos de la luz directa del sol, agua y materiales incompatibles.
<b>MANIPULACIÓN DE RECIPIENTES</b>	<b>Mantenga fuera del alcance de los niños.</b>
<b>SECCIÓN VIII: CONTROLES A LA EXPOSICIÓN Y EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL</b>	
<b>CONDICIONES DE VENTILACIÓN</b>	Se recomienda un sistema de ventilación local y/o general exhaustivo.
<b>EQUIPO DE PROTECCIÓN RESPIRATORIA</b>	Si se está trabajando en un área pequeña o hay gran cantidad de vapores es necesario usar un equipo de respiración autónomo. En emergencias usar mascarilla con presión positiva.
<b>EQUIPO DE PROTECCIÓN OCULAR</b>	Anteojos de seguridad y careta. Usar el producto cerca de un lavaojos
<b>EQUIPO DE PROTECCIÓN DÉRMICA</b>	Guantes resistentes a ácidos y delantal.
<b>DATOS DE CONTROL A LA EXPOSICIÓN (TLV, PEL, STEL)</b>	No determinados
<b>SECCIÓN IX: PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS</b>	
<b>OLOR Y APARIENCIA</b>	Líquido café, tralúcido inodoro.
<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA</b>	1.09
<b>SOLUBILIDAD EN AGUA</b>	Total.
<b>PUNTO DE FUSIÓN</b>	No aplica
<b>PUNTO DE EBULLICIÓN</b>	No determinado
<b>pH</b>	2-4
<b>ESTADO DE AGREGACIÓN A 25°C Y 1 ATM.</b>	Líquido.
<b>SECCIÓN X: ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD</b>	
<b>ESTABILIDAD</b>	Estable bajo condiciones normales de uso y almacenamiento.
<b>INCOMPATIBILIDAD</b>	Oxidantes y reductores fuertes.
<b>RIESGOS DE POLIMERIZACIÓN</b>	No ocurre.
<b>PRODUCTOS DE LA DESCOMPOSICIÓN PELIGROSOS</b>	Oxidos de azufre, azufre, óxidos de cromo, óxidos de cobre, óxidos de azufre, HF, CO <sub>2</sub> y H <sub>2</sub> S.
<b>SECCIÓN XI: INFORMACIÓN SOBRE TOXICOLOGÍA</b>	
<b>DOSIS LETAL MEDIA ORAL o DÉRMICA (DL<sub>50</sub>)</b>	< 200 mg/kg calculado
<b>DOSIS CRÓNICA MEDIA (CL<sub>50</sub>)</b>	No determinado
<b>SECCIÓN XII: INFORMACIÓN DE LOS EFECTOS SOBRE LA ECOLOGÍA</b>	
Este producto no es biodegradable. Cuando se libera en el suelo se puede filtrar a las aguas subterráneas. El producto es tóxico a la vida acuática.	
<b>SECCIÓN XIII: CONSIDERACIONES SOBRE LA DISPOSICIÓN FINAL DEL PRODUCTO</b>	
Decante el líquido en un recipiente colector de soluciones acuosas con un pH ajustado de 6 a 8. El envase puede ser reutilizado para el mismo producto, si decide no reutilizarlo disponga del recipiente en un lugar adecuado.	
<b>SECCIÓN XIV: INFORMACIÓN SOBRE EL TRANSPORTE</b>	
El producto debe transportarse como corrosivo.	
<b>SECCIÓN XV: INFORMACIÓN REGULATORIA</b>	
Clasificado como sustancia tóxica plaguicida No está clasificado como extremadamente peligroso	

**SECCIÓN XVI: OTRA INFORMACIÓN**

Central de Servicios Químicos considera que la información brindada es correcta y confiable, pero se presenta sin garantía ni responsabilidad de la empresa en su aplicación y consecuencias de la misma por parte del usuario  
NFPA 704

<b>SALU</b>	<b>FLAMABILIDA</b>	<b>REACTIVIDA</b>	<b>RIESGOS</b>
<b>D</b>	<b>D</b>	<b>D</b>	<b>ESPECIALES</b>
<b>3</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>COR</b>

## Anexo 2. Hoja de seguridad para el preservante con sales de cobre micronizado.

### HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

#### 1. Identificación

<b>Identificación del producto</b>	<b>Madera tratada con azoles de cobre micronizado (MCA)</b>	
<b>Otras formas de identificación</b>	254	
<b>Uso recomendado</b>	Madera tratada con productos conservantes para varias aplicaciones en exteriores, incluidas las de contacto a nivel de la tierra, sobre rasante y las expuestas a agua dulce.	
<b>Restricciones recomendadas</b>	No se conocen.	
<b>Información del fabricante/importador/proveedor/distribuidor</b>	Licenciatarios/Clientes de Koppers Performance Chemicals Inc.	
<b>Nombre de la empresa</b>		
<b>Dirección</b>		
<b>Número telefónico</b>		
<b>Persona de contacto</b>		
<b>Núm. telefónico en caso de emergencia</b>		
<b>Dirección de correo electrónico</b>		

#### 2. Identificación de riesgos

<b>Riesgos físicos</b>	Sin clasificar.	
<b>Riesgos para la salud</b>	Carcinogenicidad	Categoría 1A
<b>Riesgos definidos por la OSHA</b>	Polvo combustible	

#### Elementos de la etiqueta



<b>Palabra de advertencia</b>	Peligro
<b>Declaración de riesgo</b>	La inhalación puede provocar cáncer. Pueden formarse concentraciones de polvo combustible en el aire.

#### Declaración de precaución

<b>Prevención</b>	Obtenga instrucciones especiales antes de usar. No manipule el producto hasta que haya leído y comprendido todas las precauciones de seguridad. Mantenga el producto alejado del calor, las chispas, las llamas abiertas y las superficies calientes. - No se debe fumar en el área. Evite que se acumule el polvo para minimizar el riesgo de explosión. Asegure la conexión a tierra del contenedor y del equipo de recepción. Use guantes de protección/vestimenta de protección/anteojos de seguridad/protección para el rostro.
<b>Respuesta</b>	Si se expuso al producto o tiene alguna inquietud: Obtenga atención/asesoramiento médico. En caso de incendio: Use CO <sub>2</sub> , espuma o rociado de agua para extinguirlo.
<b>Almacenamiento</b>	Guarde el producto bajo llave.
<b>Eliminación</b>	Deseche el contenido/el embalaje conforme a las normas locales/regionales/nacionales/internacionales para la eliminación de desechos.
<b>Riesgos no clasificados en otra parte (HNOC)</b>	No se conocen.

#### 3. Composición/información sobre los componentes

Mezclas	
Nombre químico	N.º de CAS %
Madera/polvo de madera	N/C > 90
<b>Comentarios sobre la composición</b>	El producto contiene: Carbonato de cobre (N.º de CAS: 12069-69-1) y tebuconazol (N.º de CAS: 107534-96-3) en concentraciones inferiores a los límites declarables. Según los aditivos aplicados a la solución de tratamiento, esta madera también puede contener < 1 % de inhibidores de moho, < 1 % de una emulsión de cera y < 1 % de un colorante. Los componentes que no aparecen mencionados no son peligrosos o bien están presentes en concentraciones inferiores a los límites declarables.

#### 4. Medidas para primeros auxilios

<b>Inhalación</b>	Traslade a la víctima a un lugar con aire fresco. Si se le dificulta la respiración, suministrele oxígeno. Obtenga atención médica de inmediato. Algunos tipos pueden provocar reacciones alérgicas en las vías respiratorias con síntomas parecidos a los del asma en personas sensibles.
<b>Contacto con la piel</b>	Retire la ropa contaminada. Lave bien la piel con agua y jabón durante varios minutos. El contacto prolongado con madera tratada o polvo de madera tratada, en especial cuando el tratamiento está recién hecho, puede provocar irritación en la piel. La manipulación o el frotado abrasivos de la madera tratada pueden empeorar la irritación en la piel. Algunos tipos de madera, independientemente del tratamiento, pueden provocar dermatitis o reacciones alérgicas en la piel en personas sensibles. En caso de erupciones, heridas u otros trastornos cutáneos: Obtenga atención médica y lleve consigo estas instrucciones.

Madera tratada con azoles de cobre micronizado (MCA)

Hoja de datos de seguridad (SDS) - EE. UU.

1 / 7

<b>Contacto con los ojos</b>	No frote los ojos. Enjuague los ojos con abundante agua lo antes posible. Si usa lentes de contacto, quítelos y abra bien los párpados. Si la irritación en los ojos persiste: Obtenga atención/asesoramiento médico.
<b>Ingestión</b>	En caso de ingerir el polvo, haga que la víctima se enjuague bien la boca. Obtenga atención médica si el malestar persiste.
<b>Síntomas/efectos más importantes, agudos y tardíos</b>	Polvo de madera: Puede provocar sequedad nasal, irritación y mucoestasis. También se han informado síntomas como tos, sibilancias, estornudos, sinusitis y resfriados prolongados. Según el tipo de madera, puede provocar sensibilización respiratoria o irritación. Los síntomas pueden incluir irritación, enrojecimiento, picazón de la córnea y lagrimeo. Puede provocar trastornos cutáneos parecidos al eccema (dermatitis). El polvo de la madera tratada o sin tratar puede provocar irritación en la nariz, la garganta o los pulmones, u otros efectos en las vías respiratorias.
<b>Indicación de atención médica inmediata y tratamiento especial necesario</b>	Trate según los síntomas. Los trastornos respiratorios y cutáneos preexistentes pueden agravarse con la exposición al polvo de madera.
<b>Información general</b>	Asegúrese de que el personal médico conozca los materiales involucrados y tome las precauciones necesarias para protegerse.

## 5. Medidas para la extinción de incendios

<b>Medios de extinción adecuados</b>	Dióxido de carbono, espuma regular, polvo químico seco, rociado de agua o niebla de agua.
<b>Medios de extinción inadecuados</b>	No utilice técnicas con chorro de agua como medio de extinción, dado que pueden esparcir las llamas.
<b>Riesgos específicos provenientes de los químicos</b>	Según el contenido de humedad y, más importante aún, el diámetro de las partículas y la concentración en el aire, el polvo de madera en un área cerrada puede explotar en presencia de una fuente de ignición. De manera similar, el polvo de madera puede deflagrar (producir una combustión sin una detonación, como en el caso de una explosión) si arde en un área abierta o mal cerrada. Para el polvo de madera, el límite explosivo inferior (LEL) suele ser de una concentración en el aire de 40 g (40.000 mg) de polvo por metro cúbico de aire. Utilice los estándares 654 y 664 de la NFPA como guía.
<b>Equipo de protección y precauciones especiales para los bomberos</b>	En caso de incendio, deben usarse aparatos de respiración autónomos y vestimenta completa de protección. Para la selección de la protección respiratoria necesaria para la extinción de incendios, siga las precauciones generales en caso de incendio que se indican en el lugar de trabajo.
<b>Equipos/instrucciones para la extinción de incendios</b>	Use el rociado de agua para enfriar las superficies expuestas a las llamas y para proteger al personal.

## 6. Medidas en caso de derrame accidental

<b>Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia</b>	Elimine todas las fuentes de ignición (no se debe fumar ni debe haber destellos, chispas o flamas en el área inmediata). Evite la generación y dispersión de polvo. Evite inhalar el polvo. Trabaje en lugares con ventilación adecuada. Use el equipo de protección personal adecuado (consulte la Sección 8).
<b>Métodos y materiales de contención y limpieza</b>	Barra o aspire el derrame y colóquelo en un recipiente adecuado para su posterior eliminación. Si esto no es posible, humedezca suavemente el polvo antes de recogerlo con una pala, una escoba o un elemento similar. Los recipientes deben etiquetarse. Para obtener información sobre la eliminación de desechos, consulte la Sección 13.
<b>Precauciones ambientales</b>	Como buena práctica industrial, evite liberar el producto en el medio ambiente.

## 7. Manipulación y almacenamiento

<b>Precauciones para la manipulación segura</b>	Evite trabajar con madera húmeda que tenga el tratamiento recién hecho. Si debe trabajar con madera en estas condiciones, use una prenda de mangas largas, pantalones largos y guantes. Debe cambiarse la ropa si esta se humedece por el contacto con madera que tiene el tratamiento recién hecho. Evite la inhalación reiterada o prolongada del polvo. Evite el contacto con los ojos y la piel. No fume. No queme la madera que tiene conservantes. No use como abono la madera que tiene conservantes. Debe establecerse una rutina de limpieza que garantice que el polvo no se acumule en las superficies.
<b>Condiciones para el almacenamiento seguro, incluidas las incompatibilidades</b>	Mantenga el producto alejado del calor, las chispas y las llamas abiertas. Guarde el producto en un lugar seco, fresco y bien ventilado. Mantenga el producto alejado de los materiales incompatibles (consulte la Sección 10).

## 8. Controles de exposición/protección personal

### Límites de exposición ocupacional

EE. UU. OSHA			
Componentes	Tipo	Valor	Forma
Madera/polvo de madera (n.º de CAS: N/C)	PEL	5 mg/m <sup>3</sup> 15 mg/m <sup>3</sup>	Polvo respirable. Fracción total.
ACGIH			
Componentes	Tipo	Valor	Forma
Madera/polvo de madera (n.º de CAS: N/C)	TWA	1 mg/m <sup>3</sup>	Fracción inhalable.
EE. UU. NIOSH: Guía de bolsillo sobre peligros químicos			
Componentes	Tipo	Valor	Forma
Madera/polvo de madera (n.º de CAS: N/C)	TWA	1 mg/m <sup>3</sup>	Polvo

**Valores límite biológicos** No existen límites de exposición biológicos para los componentes.

**Controles de ingeniería adecuados** Disponga de ventilación suficiente con extracción general/local para mantener la exposición a la inhalación por debajo de los límites de exposición actuales, y para mantener la concentración de polvo en las áreas por debajo del límite explosivo. Se recomienda disponer de duchas e instalaciones para el lavado de manos y ojos cerca del lugar de trabajo.

**Medidas de protección individual, como el uso de equipo de protección personal**

**Protección para el rostro y los ojos** Use anteojos de seguridad con protección lateral o gafas de seguridad al serruchar o cortar.

<b>Protección para la piel</b>	Al manipular la madera, use guantes de cuero o de tela.
<b>Protección para las manos</b>	
<b>Otro/a</b>	Use ropa de trabajo normal y calzado de seguridad.
<b>Protección respiratoria</b>	Si los controles de ingeniería no mantienen las concentraciones de contaminantes del aire por debajo de los límites de exposición recomendados (cuando corresponda) o a un nivel aceptable (en países en los que no se han establecido límites de exposición), debe usarse un respirador aprobado. Use un respirador aprobado por NIOSH si existe la posibilidad de que se excedan los límites de exposición al polvo (consulte la norma 29 CFR 1910.134 sobre protección respiratoria).
<b>Riesgos térmicos</b>	Use vestimenta de protección térmica adecuada, en los casos en que sea necesario.
<b>Consideraciones generales sobre higiene</b>	Si el polvo de madera entra en contacto con la piel, los trabajadores deben lavar las zonas afectadas con agua y jabón. Deben quitarse la ropa contaminada con el polvo de madera, y deben tomarse las medidas necesarias para garantizar que el químico sea eliminado de manera segura de la ropa. A las personas a cargo del lavado de la ropa se les debe informar sobre los peligros del polvo de madera. Los trabajadores que manipulan el polvo de madera deben usar agua y jabón para lavarse bien las manos, los antebrazos y el rostro antes de comer, fumar, usar el sanitario, aplicarse cosméticos o tomar medicamentos. Los trabajadores no deben comer, beber, fumar, aplicarse cosméticos ni tomar medicamentos en áreas en las que se manipule o procese el polvo de madera. Cumpla con los requisitos de vigilancia médica.

## 9. Propiedades físicas y químicas

<b>Aspecto</b>	
<b>Estado físico</b>	Sólido.
<b>Forma</b>	Astillas. Polvo.
<b>Color</b>	No disponible.
<b>Olor</b>	Olor a madera.
<b>Umbral de olor</b>	No disponible.
<b>pH</b>	No corresponde.
<b>Punto de fusión/congelamiento</b>	No corresponde.
<b>Punto de ebullición inicial y rango de ebullición</b>	No corresponde.
<b>Punto de inflamación</b>	No disponible.
<b>Velocidad de evaporación</b>	No corresponde.
<b>Inflamabilidad (sólido, gas)</b>	Polvo combustible.
<b>Límite inferior/superior de inflamabilidad o de explosión</b>	
<b>Límite inferior de inflamabilidad (%)</b>	No disponible.
<b>Límite superior de inflamabilidad (%)</b>	No disponible.
<b>Límite inferior de explosión (%)</b>	No disponible.
<b>Límite superior de explosión (%)</b>	No disponible.
<b>Presión del vapor</b>	No corresponde.
<b>Densidad del vapor</b>	No corresponde.
<b>Densidad relativa</b>	No disponible.
<b>Solubilidades</b>	
<b>Solubilidad (agua)</b>	No disponible.
<b>Coefficiente de partición (n-octanol/agua)</b>	No disponible.
<b>Temperatura de autoignición</b>	No corresponde.
<b>Temperatura de descomposición</b>	No disponible.
<b>Viscosidad</b>	No corresponde.

## 10. Estabilidad y reactividad

<b>Reactividad</b>	El producto no es reactivo en condiciones normales de uso, almacenamiento y transporte.
<b>Estabilidad química</b>	Estable en condiciones normales.
<b>Posibilidad de reacciones peligrosas</b>	No hay posibilidad de reacciones peligrosas.
<b>Condiciones que se deben evitar</b>	Evite el calor, las chispas, las llamas abiertas y otras fuentes de ignición. Minimice la generación y acumulación de polvo. Evite el contacto con materiales incompatibles.
<b>Materiales incompatibles</b>	Agentes oxidantes fuertes. Agentes reductores.
<b>Productos de descomposición peligrosos</b>	Durante la combustión: Óxidos de carbono. Óxidos de nitrógeno. Aldehídos alifáticos. Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH).

## 11. Información toxicológica

### Información sobre vías de exposición probables

<b>Inhalación</b>	El polvo de madera, tratada o sin tratar, irrita la nariz, la garganta y los pulmones. La inhalación reiterada o prolongada de polvo de madera puede provocar irritación en las vías respiratorias, bronquitis recurrente y resfriados prolongados. Algunos tipos pueden provocar reacciones alérgicas en las vías respiratorias con síntomas parecidos a los del asma en personas sensibles. La exposición prolongada al polvo de madera por inhalación ha sido relacionada con el cáncer nasal y paranasal.
<b>Contacto con la piel</b>	Pueden generarse astillas al manipular el producto. El contacto prolongado con madera tratada o polvo de madera tratada, en especial cuando el tratamiento está recién hecho, puede provocar irritación en la piel. La manipulación o el frotado abrasivos de la madera tratada pueden empeorar la irritación en la piel. Algunos tipos de madera, independientemente del tratamiento, pueden provocar dermatitis o reacciones alérgicas en la piel en personas sensibles.
<b>Contacto con los ojos</b>	El polvo puede irritar los ojos.
<b>Ingestión</b>	No es probable, dada la forma del producto. Sin embargo, la ingestión del polvo que se genera al trabajar con el producto puede provocar náuseas y vómitos. Ciertos tipos de madera y polvo de madera pueden contener toxinas naturales, que pueden tener efectos adversos en los humanos.
<b>Síntomas relacionados con las características físicas, químicas y toxicológicas</b>	Polvo de madera: Puede provocar sequedad nasal, irritación y mucostasis. También se han informado síntomas como tos, sibilancias, estornudos, sinusitis y resfriados prolongados. Según el tipo de madera, puede provocar sensibilización respiratoria o irritación. Los síntomas pueden incluir irritación, enrojecimiento, picazón de la córnea y lagrimeo. Puede provocar trastornos cutáneos parecidos al ecema (dermatitis). El polvo de la madera tratada o sin tratar puede provocar irritación en la nariz, la garganta o los pulmones, u otros efectos en las vías respiratorias.

### Información sobre los efectos toxicológicos

<b>Toxicidad aguda</b>	No se espera que el producto tenga toxicidad aguda.
<b>Corrosión/irritación de la piel</b>	El polvo puede irritar la piel.
<b>Daños graves en los ojos/irritación de los ojos</b>	El polvo puede irritar los ojos.
<b>Sensibilización respiratoria o cutánea</b>	
<b>Sensibilización según la ACGIH</b>	
Madera/polvo de madera (n.º de CAS: N/C)	Sensibilización dérmica. Sensibilización respiratoria.
<b>Sensibilización respiratoria</b>	La exposición al polvo de madera puede provocar hipersensibilidad.
<b>Sensibilización cutánea</b>	La exposición al polvo de madera puede provocar dermatitis de contacto. La dermatitis irritante primaria que se genera a partir del contacto de la piel con polvo de madera consiste en eritema, ampollas y, a veces, erosión e infecciones secundarias.
<b>Mutagenicidad en células germinales</b>	La OSHA no identifica como mutagénico ningún componente de este producto que esté presente en niveles iguales o superiores al 0,1 %.
<b>Carcinogenicidad</b>	La inhalación puede provocar cáncer. Polvo de madera sin tratar o serrín: La Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC) clasifica el polvo de madera sin tratar como perteneciente al Grupo 1: agente carcinogénico humano. La clasificación se basa principalmente en la evaluación que hizo la IARC del mayor riesgo en el caso de adenocarcinomas de las fosas nasales y los senos paranasales, en relación con la exposición ocupacional al polvo de madera sin tratar. Se han divulgado estudios epidemiológicos sobre los riesgos carcinogénicos de trabajar en la industria maderera, la industria de la carpintería y la industria forestal y de la serrería. La IARC ha revisado estos estudios e informa que existe evidencia suficiente de que los carcinomas nasales se han producido por trabajar en la industria maderera, en la que el mayor riesgo está relacionado con la exposición al polvo de madera sin tratar o al serrín de tipos de madera dura. La IARC concluyó que los datos epidemiológicos no son suficientes para realizar una evaluación definitiva del riesgo carcinogénico de desempeñarse como carpintero o trabajador en un aserradero o maderera.

#### Monografías de la IARC. Evaluación general del potencial carcinogénico

Madera/polvo de madera (n.º de CAS: N/C) 1: agente carcinogénico humano.

#### Informe del NTP sobre agentes carcinogénicos

Madera/polvo de madera (n.º de CAS: N/C) Agente carcinogénico humano conocido.

#### Sustancias reguladas específicamente por la OSHA (29 CFR 1910.1001-1050)

No aparece en la lista.

<b>Toxicidad para el aparato reproductor</b>	No se espera que este producto cause efectos negativos en el desarrollo o el aparato reproductor.
<b>Toxicidad específica para determinados órganos - exposición única</b>	Sin clasificar.
<b>Toxicidad específica para determinados órganos - exposición reiterada</b>	Sin clasificar.
<b>Riesgo de aspiración</b>	No es probable, dada la forma del producto.
<b>Efectos crónicos</b>	La exposición crónica al polvo de madera puede provocar neumonitis, además de tos, sibilancias, fiebre y los demás signos y síntomas relacionados con la bronquitis crónica.

## 12. Información ecológica

<b>Ecotoxicidad</b>	El producto no está clasificado como peligroso para el medio ambiente.
<b>Persistencia y degradabilidad</b>	No existen datos sobre la degradabilidad de este producto.

<b>Posible bioacumulación</b>	No existen datos sobre la bioacumulación.
<b>Movilidad en suelo</b>	El producto es insoluble en agua.
<b>Movilidad en general</b>	El producto no es volátil, pero puede esparcirse si se levanta polvo al manipularlo.
<b>Otros efectos adversos</b>	No se espera que este componente tenga otros efectos negativos en el medio ambiente (p. ej., disminución de la capa de ozono, potencial de generación de ozono fotoquímico, alteraciones endocrinas, potencial de contribuir al calentamiento global).

### 13. Consideraciones para la eliminación

<b>Instrucciones de eliminación</b>	Elimine el material conforme a las normas federales, estatales y locales que correspondan. No permita que el producto ingrese en desagües, cursos de agua o el suelo.
<b>Normas locales para la eliminación de desechos</b>	Elimine el producto conforme a todas las normas que correspondan.
<b>Código de desechos peligrosos</b>	No regulado.
<b>Producto sobrante/sin usar</b>	Elimine el producto conforme a todas las normas que correspondan. No permita que el producto ingrese en desagües, cursos de agua o el suelo.
<b>Embalaje contaminado</b>	Dado que en los embalajes vacíos pueden quedar residuos del producto, siga las advertencias de la etiqueta incluso después de vaciar el embalaje.

### 14. Información sobre el transporte

<b>DOT</b>	No regulado como producto peligroso.
<b>IATA</b>	No regulado como producto peligroso.
<b>IMDG</b>	No regulado como producto peligroso.

**Transporte a granel conforme al Anexo II del MARPOL 73/78 y el Código IBC** No corresponde.

### 15. Información normativa

**Normativas federales de EE. UU.** Este producto es un "químico peligroso" según la definición de la norma de comunicación de riesgos de la OSHA, 29 CFR 1910.1200.

**Notificación sobre exportaciones, Sección 12(b) de la TSCA (40 CFR 707, Subparte D)**

No regulado.

**Sustancias reguladas específicamente por la OSHA (29 CFR 1910.1001-1050)**

No aparece en la lista.

**Lista de sustancias peligrosas de la CERCLA (40 CFR 302.4)**

No aparece en la lista.

**Categorías de riesgo según la Ley de Enmiendas y Reautorización de Superfondos (SARA) de 1986**

<b>Categorías de riesgo</b>	Carcinogenicidad
	Polvos combustibles

<b>Sustancia extremadamente peligrosa, Sección 302 de la SARA</b>	No aparece en la lista.
<b>Químico peligroso, Secciones 311/312 de la SARA</b>	Si
<b>Sección 313 de la SARA (Informe del TRI)</b>	No regulado.

**Otras normas federales**

<b>Sección 112 de la Ley de Aire Limpio (CAA), lista de contaminantes peligrosos del aire (HAP)</b>	No regulado.
<b>Sección 112(r) de la Ley de Aire Limpio (CAA), prevención de derrames accidentales (40 CFR 68.130)</b>	No regulado.
<b>Ley del Agua Potable Segura (SDWA)</b>	No regulado.

**Normas estatales de EE. UU.**

**EE. UU. Derecho a saber de Massachusetts - Lista de sustancias**  
No regulado.

**EE. UU. Ley del Derecho a Saber para los Trabajadores y la Comunidad de Nueva Jersey**  
Madera/polvo de madera (n.º de CAS: N/C)

**EE. UU. Ley del Derecho a Saber para los Trabajadores y la Comunidad de Pensilvania**  
Madera/polvo de madera (n.º de CAS: N/C)

**EE. UU. Derecho a Saber de Rhode Island**  
No regulado.

EE. UU. Propuesta 65 de California



**ADVERTENCIA.** Perforar, serruchar, lijarse o maquinar productos de madera puede exponerlos al polvo de madera, una sustancia reconocida en el estado de California por provocar cáncer. Evite inhalar el polvo de madera o utilice una máscara antipolvo o cualquier otro tipo de protección personal. Para obtener más información, visite [www.P65Warnings.ca.gov/wood](http://www.P65Warnings.ca.gov/wood).

**Inventarios internacionales**

Países o región	Nombre del inventario	Se incluye en el inventario (sí/no)*
Estados Unidos y Puerto Rico	Inventario de la Ley de Control de Sustancias Tóxicas (TSCA)	Sí

\*"Sí" indica que este producto cumple con los requisitos del inventario que administran los países gobernantes.

"No" indica que uno o más de los componentes del producto no aparecen en la lista, o están exentos de esta, del inventario que administran los países gobernantes.

**16. Otra información, incluida la fecha de preparación o la última revisión**

Fecha de publicación	03-10-2015
Fecha de revisión	08-16-2018
N.º de versión	05
Información adicional	HMIS® es una marca comercial y de servicio registrada de la NPCA. E - Antojos de seguridad, guantes, respirador

**PORCENTAJE DE COMPONENTES ACTIVOS POR NIVEL DE RETENCIÓN**

	0,06 pcf	0,15 pcf	0,23 pcf
Carbonato de cobre expresado como cobre elemental	0,15 - 0,25 %	0,35 - 0,65 %	0,55 - 0,95 %
Tebuconazol	0,006 - 0,01 %	0,01 - 0,03 %	0,02 - 0,05 %

**Clasificaciones del HMIS®**  
Salud: 1\*  
Inflamabilidad: 1  
Riesgo físico: 0  
Protección personal: E

**Clasificaciones de la NFPA**



**Exención de responsabilidad**

El proveedor no puede anticipar todas las condiciones en las que podrán usarse esta información y este producto, o los productos de otros fabricantes en combinación con este producto. El usuario tiene la responsabilidad de garantizar que existan condiciones seguras de manipulación, almacenamiento y eliminación del producto. Además, debe asumir la responsabilidad en caso de pérdida, lesiones, daños o gastos que surjan como consecuencia de un uso indebido. La información de esta hoja de datos se redactó a nuestro mejor leal saber y entender.

## Anexo 3. Hoja de seguridad para el preservante Mocronizado Copper Azole.



### SAFETY DATA SHEET

#### 1. Identification

**Product identifier** LifeWood Treated Wood

**Other means of identification**  
**SDS number** 254-KPC

**Recommended use** Preservative Treated Wood for various exterior applications including above ground, ground contact and freshwater exposure.

**Recommended restrictions** None known.

**Manufacturer/Importer/Supplier/Distributor information**

**Company Name** Koppers Performance Chemicals Inc.  
**Address** 1016 Everee Inn Rd., Griffin, GA 30224  
**Telephone number** 770-233-4200  
**Contact person** Regulatory Manager, KPC Inc.  
**Emergency Telephone Number** CHEMTREC 1-800-424-9300  
**E-mail** KPCmgrsds@koppers.com

#### 2. Hazard(s) identification

**Physical hazards** Not classified.

**Health hazards** Carcinogenicity Category 1A

**OSHA defined hazards** Combustible dust

**Label elements**



**Signal word** Danger

**Hazard statement** May cause cancer by inhalation. May form combustible dust concentrations in air.

**Precautionary statement**

**Prevention** Obtain special instructions before use. Do not handle until all safety precautions have been read and understood. Keep away from heat/sparks/open flames/hot surfaces. - No smoking. Prevent dust accumulation to minimize explosion hazard. Ground/bond container and receiving equipment. Wear protective gloves/protective clothing/eye protection/face protection.

**Response** If exposed or concerned: Get medical advice/attention. In case of fire: Use CO2, foam or water spray for extinction.

**Storage** Store locked up.

**Disposal** Dispose of contents/container in accordance with local/regional/national/international regulations.

**Hazard(s) not otherwise classified (HNOC)** None known.

#### 3. Composition/information on ingredients

##### Mixtures

Chemical name	CAS number	%
Wood Dust	N/A	> 90

**Composition comments** All concentrations are in percent by weight unless ingredient is a gas. Gas concentrations are in percent by volume.  
 The product contains: Copper carbonate (CAS # 12069-69-1) and Tebuconazole (CAS # 107534-96-3) below reportable limits.  
 Depending on the additives applied to the treating solution, this wood may also contain <1 % of mold inhibitors, <1% of a non-hazardous wax emulsion, and <% of a colorant.

#### 4. First-aid measures

<b>Inhalation</b>	Move to fresh air. If breathing is difficult, give oxygen. Get medical attention immediately. Some species may cause allergic respiratory reactions with asthma-like symptoms in sensitized individuals.
<b>Skin contact</b>	Remove contaminated clothing. Wash skin thoroughly with soap and water for several minutes. Prolonged contact with treated wood and/or treated wood dust, especially when freshly treated at the plant, may cause irritation to the skin. Abrasive handling or rubbing of the treated wood may increase skin irritation. Some wood species, regardless of treatment, may cause dermatitis or allergic skin reactions in sensitized individuals. In case of rashes, wounds or other skin disorders: Seek medical attention and bring along these instructions.
<b>Eye contact</b>	Do not rub eye. Immediately flush eye(s) with plenty of water. Remove any contact lenses and open eyelids wide apart. If irritation persists get medical attention.
<b>Ingestion</b>	Rinse mouth thoroughly if dust is ingested. Get medical attention if any discomfort continues.
<b>Most important symptoms/effects, acute and delayed</b>	Wood dust: May cause nasal dryness, irritation and mucostasis. Coughing, wheezing, sneezing, sinusitis and prolonged colds have also been reported. Depending on wood species may cause respiratory sensitization and/or irritation. Symptoms can include irritation, redness, scratching of the cornea, and tearing. May cause eczema-like skin disorders (dermatitis). Airborne treated or untreated wood dust may cause nose, throat, or lung irritation and other respiratory effects.
<b>Indication of immediate medical attention and special treatment needed</b>	Treat symptomatically.
<b>General information</b>	Ensure that medical personnel are aware of the material(s) involved, and take precautions to protect themselves.

#### 5. Fire-fighting measures

<b>Suitable extinguishing media</b>	Carbon dioxide, regular foam, dry chemical, water spray, or water fog.
<b>Unsuitable extinguishing media</b>	Water jet.
<b>Specific hazards arising from the chemical</b>	Depending on moisture content, and more importantly, particle diameter and airborne concentration, wood dust in a contained area may explode in the presence of an ignition source. Wood dust may similarly deflagrate (combustion without detonation like an explosion) if ignited in an open or loosely contained area. An airborne concentration of 40 grams (40,000 mg) of dust per cubic meter of air is often used as the LEL for wood dusts. Reference NFPA Standards- 654 and 664 for guidance.
<b>Special protective equipment and precautions for firefighters</b>	Self-contained breathing apparatus and full protective clothing must be worn in case of fire. Selection of respiratory protection for firefighting: follow the general fire precautions indicated in the workplace.
<b>Fire fighting equipment/instructions</b>	Use water spray to cool fire exposed surfaces and to protect personnel.

#### 6. Accidental release measures

<b>Personal precautions, protective equipment and emergency procedures</b>	Eliminate all ignition sources (no smoking, flares, sparks, or flames in immediate area). Avoid generation and spreading of dust. Avoid spread of dust. Avoid inhalation of dust. Provide adequate ventilation. Wear appropriate personal protective equipment (See Section 8).
<b>Methods and materials for containment and cleaning up</b>	Sweep or vacuum up spillage and collect in suitable container for disposal. If not possible, gently moisten dust before it is collected with shovel, broom or the like. Containers must be labeled. For waste disposal, see Section 13 of the SDS.
<b>Environmental precautions</b>	For good industrial practice avoid release to the environment.

#### 7. Handling and storage

<b>Precautions for safe handling</b>	Avoid prolonged or repeated breathing of dust. Avoid prolonged or repeated contact with skin. Wear appropriate personal protective equipment. Do not smoke. Change contaminated clothing. Do not burn preserved wood. Do not use preserved wood as Mulch. Routine housekeeping should be instituted to ensure that dusts do not accumulate on surfaces.
<b>Conditions for safe storage, including any incompatibilities</b>	Keep away from heat, sparks and open flame. Store in tightly closed original container in a dry, cool and well-ventilated place.

## 8. Exposure controls/personal protection

### Occupational exposure limits

#### U.S. - OSHA

Components	Type	Value	Form
Wood Dust (CAS N/A)	PEL	5 mg/m <sup>3</sup> 15 mg/m <sup>3</sup>	Respirable dust. Total fraction.

#### ACGIH

Components	Type	Value	Form
Wood Dust (CAS N/A)	TWA	1 mg/m <sup>3</sup>	inhalable fraction.

#### US. NIOSH: Pocket Guide to Chemical Hazards

Components	Type	Value	Form
Wood Dust (CAS N/A)	TWA	1 mg/m <sup>3</sup>	Dust.

#### Biological limit values

No biological exposure limits noted for the ingredient(s).

#### Appropriate engineering controls

Provide sufficient general/local exhaust ventilation to maintain inhalation exposures below current exposure limits and areas below explosive dust concentrations.

#### Individual protection measures, such as personal protective equipment

##### Eye/face protection

Wear safety glasses with side shields or safety goggles when sawing or cutting.

##### Skin protection

###### Hand protection

When handling wood, wear leather or fabric gloves.

###### Other

Wear normal work clothes and safety shoes.

##### Respiratory protection

If engineering controls do not maintain airborne concentrations below recommended exposure limits (where applicable) or to an acceptable level (in countries where exposure limits have not been established), an approved respirator must be worn. Use a NIOSH-approved respirator if there is a potential for exposure to dust exceeding exposure limits (See 29 CFR 1910.134, respiratory protection standard).

##### Thermal hazards

Wear appropriate thermal protective clothing, when necessary.

#### General hygiene considerations

If wood dust contacts the skin, workers should wash the affected areas with soap and water. Clothing contaminated with wood dust should be removed, and provisions should be made for the safe removal of the chemical from the clothing. Persons laundering the clothes should be informed of the hazardous properties of wood dust. A worker who handles wood dust should thoroughly wash hands, forearms, and face with soap and water before eating, using tobacco products, using toilet facilities, applying cosmetics, or taking medication. Workers should not eat, drink, use tobacco products, apply cosmetics, or take medication in areas where wood dust is handled, or processed. Observe any medical surveillance requirements.

## 9. Physical and chemical properties

### Appearance

#### Physical state

Solid.

#### Form

Solid. Chips. Dust.

#### Color

Not available.

#### Odor

No odor.

#### Odor threshold

Not applicable.

#### pH

Not applicable.

#### Melting point/freezing point

Not applicable.

#### Initial boiling point and boiling range

Not applicable.

#### Flash point

Not available.

#### Evaporation rate

Not applicable.

#### Flammability (solid, gas)

Combustible dust.

#### Upper/lower flammability or explosive limits

##### Flammability limit - lower (%)

Not available.

<b>Flammability limit - upper (%)</b>	Not available.
<b>Explosive limit - lower (%)</b>	Not available.
<b>Explosive limit - upper (%)</b>	Not available.
<b>Vapor pressure</b>	Not applicable.
<b>Vapor density</b>	Not applicable.
<b>Relative density</b>	Not available.
<b>Solubility(ies)</b>	
<b>Solubility (water)</b>	Not available.
<b>Partition coefficient (n-octanol/water)</b>	Not applicable.
<b>Auto-ignition temperature</b>	Not available.
<b>Decomposition temperature</b>	Not available.
<b>Viscosity</b>	Not applicable.

## 10. Stability and reactivity

<b>Reactivity</b>	The product is non-reactive under normal conditions of use, storage and transport.
<b>Chemical stability</b>	Stable at normal conditions.
<b>Possibility of hazardous reactions</b>	Hazardous reactions do not occur.
<b>Conditions to avoid</b>	Avoid heat, sparks, open flames and other ignition sources. Minimize dust generation and accumulation. Avoid contact with incompatible materials.
<b>Incompatible materials</b>	Strong oxidizing agents. Reducing agents.
<b>Hazardous decomposition products</b>	During combustion: Carbon oxides. Nitrogen oxides. Aliphatic aldehydes. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs).

## 11. Toxicological information

### Information on likely routes of exposure

<b>Inhalation</b>	Wood dust, treated or untreated, is irritating to the nose, throat and lungs. Prolonged or repeated inhalation of wood dusts may cause respiratory irritation, recurrent bronchitis and prolonged colds. Some species may cause allergic respiratory reactions with asthma-like symptoms in sensitized individuals. Prolonged exposure to wood dusts by inhalation has been reported to be associated with nasal and paranasal cancer.
<b>Skin contact</b>	Handling may cause splinters. Prolonged contact with treated wood and/or treated wood dust, especially when freshly treated at the plant, may cause irritation to the skin. Abrasive handling or rubbing of the treated wood may increase skin irritation. Some wood species, regardless of treatment, may cause dermatitis or allergic skin reactions in sensitized individuals.
<b>Eye contact</b>	Dust may irritate the eyes.
<b>Ingestion</b>	Not likely, due to the form of the product. However, ingestion of dusts generated during working operations may cause nausea and vomiting. Certain species of wood and their dusts may contain natural toxins, which can have adverse effects in humans.
<b>Symptoms related to the physical, chemical and toxicological characteristics</b>	Wood dust: May cause nasal dryness, irritation and mucostasis. Coughing, wheezing, sneezing, sinusitis and prolonged colds have also been reported. Depending on wood species may cause respiratory sensitization and/or irritation. Symptoms can include irritation, redness, scratching of the cornea, and tearing. May cause eczema-like skin disorders (dermatitis). Airborne treated or untreated wood dust may cause nose, throat, or lung irritation and other respiratory effects.

### Information on toxicological effects

<b>Acute toxicity</b>	Not expected to be acutely toxic.
<b>Skin corrosion/irritation</b>	Dust may irritate skin.
<b>Serious eye damage/eye irritation</b>	Dust may irritate the eyes.
<b>Respiratory or skin sensitization</b>	
<b>Respiratory sensitization</b>	Exposure to wood dusts can result in hypersensitivity,
<b>Skin sensitization</b>	Exposure to wood dust can result in the development of contact dermatitis. The primary irritant dermatitis resulting from skin contact with wood dusts consist of erythema, blistering, and sometimes erosion and secondary infections occur.

<b>Germ cell mutagenicity</b>	No component of this product present at levels greater than or equal to 0.1% is identified as a mutagen by OSHA.
<b>Carcinogenicity</b>	May cause cancer by inhalation. This classification is based on an increased incidence of nasal and paranasal cancers in people exposed to wood dusts.
<b>IARC Monographs. Overall Evaluation of Carcinogenicity</b>	
Wood Dust (CAS N/A)	1 Carcinogenic to humans.
<b>NTP Report on Carcinogens</b>	
Wood Dust (CAS N/A)	Known To Be Human Carcinogen.
<b>OSHA Specifically Regulated Substances (29 CFR 1910.1001-1050)</b>	
Not listed.	
<b>Reproductive toxicity</b>	This product is not expected to cause reproductive or developmental effects.
<b>Specific target organ toxicity - single exposure</b>	Not classified.
<b>Specific target organ toxicity - repeated exposure</b>	Not classified.
<b>Aspiration hazard</b>	Not likely, due to the form of the product.
<b>Chronic effects</b>	Chronic exposure to wood dusts can result in pneumonitis, and coughing, wheezing, fever and the other signs and symptoms associated with chronic bronchitis.

## 12. Ecological information

<b>Ecotoxicity</b>	The product is not classified as environmentally hazardous.
<b>Persistence and degradability</b>	No data is available on the degradability of this product.
<b>Bioaccumulative potential</b>	
<b>Mobility in soil</b>	The product is insoluble in water.
<b>Mobility in general</b>	The product is not volatile but may be spread by dust-raising handling.
<b>Other adverse effects</b>	No other adverse environmental effects (e.g. ozone depletion, photochemical ozone creation potential, endocrine disruption, global warming potential) are expected from this component.

## 13. Disposal considerations

<b>Disposal instructions</b>	Dispose in accordance with applicable federal, state, and local regulations. Do not discharge into drains, water courses or onto the ground.
<b>Local disposal regulations</b>	Dispose of in accordance with local regulations.
<b>Hazardous waste code</b>	The Waste code should be assigned in discussion between the user, the producer and the waste disposal company.
<b>Waste from residues / unused products</b>	Dispose in accordance with all applicable regulations. Do not discharge into drains, water courses or onto the ground.
<b>Contaminated packaging</b>	Since emptied containers may retain product residue, follow label warnings even after container is emptied.

## 14. Transport information

<b>DOT</b>	Not regulated as dangerous goods.
<b>IATA</b>	Not regulated as dangerous goods.
<b>IMDG</b>	Not regulated as dangerous goods.
<b>Transport in bulk according to Annex II of MARPOL 73/78 and the IBC Code</b>	Not applicable.

## 15. Regulatory information

<b>US federal regulations</b>	This product is a "Hazardous Chemical" as defined by the OSHA Hazard Communication Standard, 29 CFR 1910.1200.
<b>TSCA Section 12(b) Export Notification (40 CFR 707, Subpt. D)</b>	
Not regulated.	

**OSHA Specifically Regulated Substances (29 CFR 1910.1001-1050)**

Not listed.

**CERCLA Hazardous Substance List (40 CFR 302.4)**

Not listed.

**Superfund Amendments and Reauthorization Act of 1986 (SARA)**

**Hazard categories** Immediate Hazard - No  
Delayed Hazard - Yes  
Fire Hazard - Yes  
Pressure Hazard - No  
Reactivity Hazard - No

**SARA 302 Extremely hazardous substance**

Not listed.

**SARA 311/312 Hazardous chemical** Yes

**SARA 313 (TRI reporting)**

Not regulated.

**Other federal regulations**

**Clean Air Act (CAA) Section 112 Hazardous Air Pollutants (HAPs) List**

Not regulated.

**Clean Air Act (CAA) Section 112(r) Accidental Release Prevention (40 CFR 68.130)**

Not regulated.

**Safe Drinking Water Act (SDWA)** Not regulated.

**US state regulations**

**US. Massachusetts RTK - Substance List**

Not regulated.

**US. New Jersey Worker and Community Right-to-Know Act**

Wood Dust (CAS N/A)

**US. Pennsylvania Worker and Community Right-to-Know Law**

Wood Dust (CAS N/A)

**US. Rhode Island RTK**

Not regulated.

**US. California Proposition 65**

WARNING: This product contains a chemical known to the State of California to cause cancer.

**US - California Proposition 65 - Carcinogens & Reproductive Toxicity (CRT): Listed substance**

Wood Dust (CAS N/A)

**International Inventories**

Country(s) or region	Inventory name	On inventory (yes/no)*
United States & Puerto Rico	Toxic Substances Control Act (TSCA) Inventory	Yes

\*A "Yes" indicates this product complies with the inventory requirements administered by the governing country(s).

A "No" indicates that one or more components of the product are not listed or exempt from listing on the inventory administered by the governing country(s).

**16. Other information, including date of preparation or last revision**

**Issue date** 10-March-2015

**Revision date** 01-June-2015

**Version #** 02

**Further information**

HMIS® is a registered trade and service mark of the NPCA.  
E - Safety Glasses, Gloves, Dust Respirator

**PERCENTAGE OF ACTIVE INGREDIENTS PER RETENTION LEVEL:**

0.06 pcf:

Copper carbonate expressed as Elemental Copper 0.15% - 0.25%  
Tebuconazole 0.006% - 0.01%

0.15 pcf:

Copper carbonate expressed as Elemental Copper 0.35% - 0.65%  
Tebuconazole 0.01% - 0.03%

0.23 pcf:

Copper carbonate expressed as Elemental Copper 0.55% - 0.95%  
Tebuconazole 0.02% - 0.05%

**HMIS® ratings**

Health: 1\*  
Flammability: 1  
Physical hazard: 0  
Personal protection: E

**NFPA ratings**



**Disclaimer**

Koppers Performance Chemicals Inc. cannot anticipate all conditions under which this information and its product, or the products of other manufacturers in combination with its product, may be used. It is the user's responsibility to ensure safe conditions for handling, storage and disposal of the product, and to assume liability for loss, injury, damage or expense due to improper use. The information in the sheet was written based on the best knowledge and experience currently available.

**Anexo 4.** Propuesta metodológica de evaluación de la calidad de la madera en viviendas de interés social para el Banco Hipotecario de la Vivienda.

**Metodología de evaluación de calidad de la madera en viviendas de interés social para el Banco Hipotecario de la Vivienda.**

**Rudy Daniela Bello Balladares**

## ÍNDICE GENERAL

Presentación .....	143
Información previa.....	144
VARIABLES A EVALUAR .....	144
Plan de muestreo .....	145
Procedimiento de obtención de información para cada variable .....	148
Medición del contenido de humedad.....	148
Medición de las dimensiones de la pieza de madera.....	150
Identificación de los defectos en la pieza de madera.....	152
Medición de la penetración y retención del preservante .....	155
Penetración del preservante en la madera .....	155
Retención del preservante en la madera .....	158
Clasificación de la calidad de la pieza de madera .....	160
Clasificación del Contenido de humedad en la madera .....	160
Clasificación de espesor, ancho, longitud y defectos de la madera .....	161
Presentación .....	167
Evaluación del transporte de la madera.....	168
Evaluación del Almacenaje de la madera .....	171
Referencias.....	174
Anexos .....	176

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Letras código del tamaño de muestra para inspección lote por lote.....	146
Cuadro 2. Tamaño de muestra para un sitio según la letra código. ....	147
Cuadro 3. Clasificación de la madera según el porcentaje de humedad. ....	160
Cuadro 4. Clasificación por tolerancias en las dimensiones a lo largo de la misma pieza para madera verde y seca. ....	161
Cuadro 5. Clasificación por tolerancias en las dimensiones a lo largo de la misma pieza para madera verde y seca. ....	162
Cuadro 6. Codificación de las piezas de madera aserrada de uso general. ....	166
Cuadro 7. Lista de comprobación para el transporte de la madera en carga manual y mecánica.....	169
Cuadro 8. Lista de comprobación para el almacenaje de la madera en el sitio de construcción.....	172

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Puntos de medición para determinar contenido de humedad en una pieza de madera.....	149
Figura 2. Ubicación de espesor, ancho y longitud de una pieza de madera. ....	150
Figura 3. Puntos de medición para determinar ancho, espesor y longitud de la madera. .....	151
Figura 4. Medición en curvatura por cara en una pieza de madera. ....	153
Figura 6. Medición de diferencia en arista faltante en una pieza de madera. ....	154
Figura 9. Obtención de probetas en madera aserrada.....	159

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Formulario base para la toma de datos de la clasificación visual de la madera. .....	176
--	-----

## Presentación

En Costa Rica el uso de madera en construcción de viviendas y estructuras públicas toma fuerza en la actualidad (Coto-Portuguez, 2015), no obstante, la determinación de la calidad de la madera es una actividad no acostumbrada (Chávez, Hernández & Ruiz, 2010). Lo que ha provocado tanto en Costa Rica como en otros países la preocupación sobre el comportamiento de las viviendas sociales con el transcurso del tiempo, sobre todo con habitantes incapaces de brindarles un adecuado mantenimiento (Sprovieri, 2014). Sumado a esto, existe una opinión negativa de los productos de plantaciones forestales, debido a que los consumidores perciben este tipo de madera de baja calidad y de propiedades inferiores (Moya *et al.*, 2011).

Con lo cual se plantea una metodología para evaluar la calidad de la madera utilizada en viviendas de interés social financiadas por el Banco Hipotecario de la Vivienda (BANHVI) en Costa Rica, que brinde información sistemática y confiable sobre el contenido de humedad, tolerancia de dimensiones, defectos visuales, preservado, transporte de la madera y el almacenaje en obra. Con esta información se busca garantizar el bienestar de las familias favorecidas con un bono de vivienda, de manera que, esta suministre protección en el transcurso del tiempo, mantenga la armonización y se adapte a las necesidades del entorno que la rodea. Por tanto, está dirigida a personas encargadas de fiscalizar proyectos de viviendas sociales construidas con madera.

La “Metodología de evaluación de la calidad de la madera en viviendas de interés social para el Banco Hipotecario de la Vivienda” se fundamentó en el procedimiento “Metodología de evaluación de la calidad de la madera en proyectos construidos con madera” empleado por el Ing. Diego Camacho Cornejo del Instituto Tecnológico de Costa Rica. De la misma forma, se utilizaron los requerimientos establecidos en el

“Manual de lineamientos de la calidad de la madera en viviendas de interés social para el BANHVI” y la búsqueda de literatura relacionada con la calidad de la madera para uso constructivo.

## Información previa

Previo a la toma de datos se debe solicitar a la empresa evaluada el plano de construcción del diseño de las casas avalado por el BANHVI, además una lista donde se identifica claramente el nombre de cada una de las piezas con sus respectivas dimensiones en milímetros, el contenido de humedad de la madera y el nombre de la o las especies utilizadas para la construcción de las viviendas.

La empresa desarrolladora del proyecto constructivo debe facilitar al evaluador una copia de un documento donde se indique el nombre del preservante aplicado, el método de preservado utilizado, la retención en la madera del ingrediente activo en  $\text{kg/m}^3$  para uso en interior y exterior, la fecha de la aplicación, detalles del producto como el nombre común, el nombre científico y la cantidad de madera en  $\text{m}^3$ .

## Variables a evaluar

Esta metodología permite la toma de datos en dos sitios.

- **Sitio I:** la planta o lugar donde se recolecta la madera.

En este sitio se determina en las piezas de madera el contenido de humedad y clasifica la calidad de la madera seca según la tolerancia permitida en las dimensiones espesor, ancho y longitud, y los defectos visuales presentes. Además, evalúa a partir de una lista de comprobación el transporte de la madera.

- **Sitio II:** área constructiva o lugar donde se almacena la madera.

En este sitio se determina de nuevo en las piezas de madera el contenido de humedad y clasifica la calidad de la madera seca según la tolerancia permitida en las dimensiones espesor, ancho y longitud, y los defectos visuales presentes. También, se recolectarán las muestras para la prueba colorimétrica y la prueba de espectroscopia de absorción atómica de penetración y retención del preservante en la madera, por último, se evalúa a partir de una lista de comprobación el almacenamiento de la madera en obra.

## **Plan de muestreo**

Para determinar el tipo de muestreo y el tamaño de la muestra se utiliza lo establecido en la norma INTE/ISO 2859-1 “Procedimiento de muestreo para inspección por atributos”.

De acuerdo con esta norma, el tipo de muestreo a emplear es aleatorio simple y el tamaño de la muestra se calcula a partir del tamaño del lote. La norma INTE C99:2014 define un lote como las unidades de un mismo producto, de un solo tipo, tamaño y composición, producidas esencialmente en las mismas condiciones y en el mismo periodo (Instituto de Normas técnicas de Costa Rica, 2014).

La norma INTE/ISO 2859-1 contiene información tabulada a partir de la cual se determina el tamaño de la muestra a evaluar.

En el cuadro 1, de acuerdo al tamaño del lote y al nivel de inspección deseado se selecciona la letra que se utilizará en el cuadro 2 para determinar el tamaño final de la muestra. La norma indica que se debe utilizar el nivel general de inspección II.

**Cuadro 1.** Letras código del tamaño de muestra para inspección lote por lote.

Tamaño del lote	Niveles generales de inspección		
	I	II	III
2 a 8	A	A	B
9 a 15	A	B	C
16 a 25	B	C	D
26 a 50	C	D	E
51 a 90	C	E	F
91 a 150	D	F	G
151 a 280	E	G	H
281 a 500	F	H	J
501 a 1200	G	J	K
1201 a 3200	H	K	L
3201 a 10000	J	L	M
10001 a 35000	K	M	N
35001 a 150000	L	N	P
150001 a 500000	M	P	Q
500001 en adelante	N	Q	R

Fuente: Modificado de INTECO (2017).

Seleccionada la letra código del cuadro 1, se procede a buscar en el cuadro 2 el tamaño de la muestra por lote. El tamaño de la muestra indicado en el cuadro corresponde a la cantidad de piezas que se deben muestrear por lote en cada sitio.

**Cuadro 2.** Tamaño de muestra para un sitio según la letra código.

<b>Letra código tamaño de la muestra</b>	<b>Tamaño de la muestra</b>
A	-----
B	2
C	3
D	5
E	8
F	13
G	20
H	32
J	50
K	80
L	125
M	200
N	315
P	500
Q	800
R	1250

Fuente: modificado de INTECO (2018).

Para ejemplificar el uso correcto de los cuadros, asumimos lo siguiente:

“Se cuenta con varios productos (lotes), uno de estos lotes es solamente de cadenillo y está conformado por 85 piezas.”

En este caso, se inicia por dirigirse al cuadro 1, se busca en la columna “tamaño del lote” los valores más cercanos a 85 que sería el rango entre 51 y 90 correspondiente a la letra código “E” en el nivel general de inspección II.

Luego se procede a buscar en el cuadro 2, el tamaño de la muestra recomendado para la letra E, en este caso corresponde a un tamaño de muestra 8. Este valor indica que en el sitio I se deben seleccionar al azar 8 piezas de cadenillo; y en el sitio II se deben seleccionar al azar otras 8 piezas.

Para facilitar el cálculo del tamaño de la muestra y las piezas de muestreo se elaboró una hoja Excel disponible en el siguiente link:

## **Procedimiento de obtención de información para cada variable**

### 5.1. Medición del contenido de humedad

La medición del contenido de humedad se registrará según lo establecido en la norma INTE C99: 2014 “Madera aserrada para uso general. Requisitos”.

- Equipo

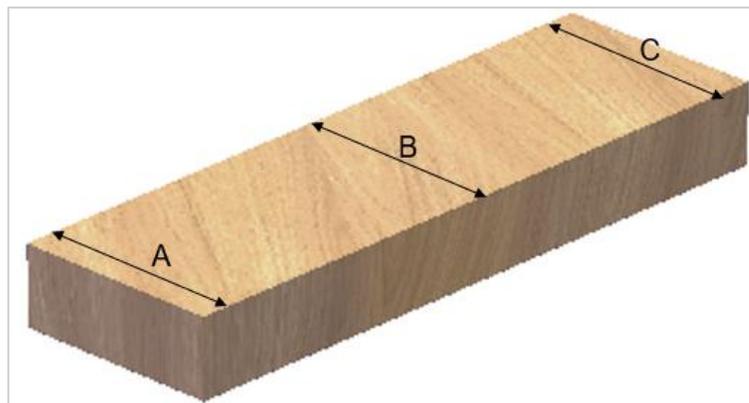
La medición del contenido de humedad se realiza por medio de un método no destructivo por medio de la resistencia eléctrica al paso de la corriente, para ello se utilizan aparatos portátiles específicos denominados medidores eléctricos de humedad o higrómetro. Dicho instrumento posee pines con los cuales se pincha la madera en

dos puntos muy próximos para formar un puente eléctrico, que permite medir la resistencia entre ambos electrodos (Tuk-Duran, 2010). Estos pines deben penetrar una profundidad mínima de un tercio del espesor de la pieza y calibrado a una precisión de  $\pm 2\%$  según la especie.

Para medir madera sólida en el mercado existen higrómetros con pines de diferentes tamaños los cuales se utilizan según el grosor de las piezas, asimismo hay higrómetros genéricos e higrómetros calibrados para el uso de una especie en específico.

- Metodología de medición

Cada pieza de madera se debe medir en tres posiciones distintas; una en cada borde a no menos de 3 cm y en el centro de la pieza, como se ilustra en la figura 1.



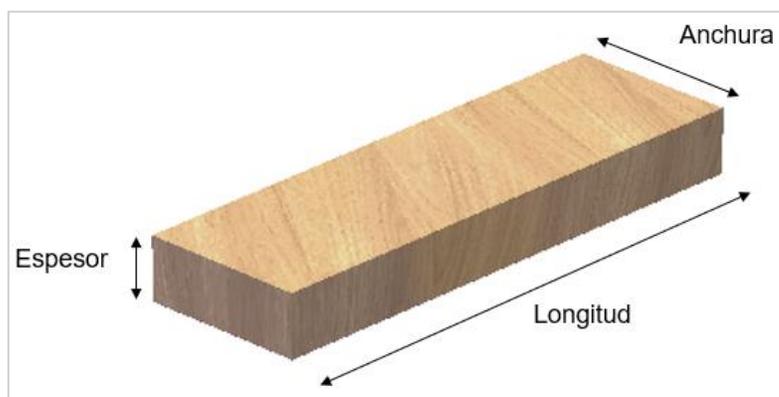
**Figura 1.** Puntos de medición para determinar contenido de humedad en una pieza de madera.

Fuente: modificado de INTECO (2014).

Una vez concluida la medición de las piezas de madera con el higrómetro se procede a promediar los tres valores obtenidos y se compara con lo establecido (cuadro 1) en la norma INTE C99: 2014.

## 5.2. Medición de las dimensiones de la pieza de madera.

La medición del espesor, ancho y la longitud de cada pieza de madera se registrará según lo establecido en la norma INTE C99:2014 “Madera aserrada para uso general. Requisitos”. La siguiente figura indica la escuadría de una pieza de madera.



**Figura 2.** Ubicación de espesor, ancho y longitud de una pieza de madera.

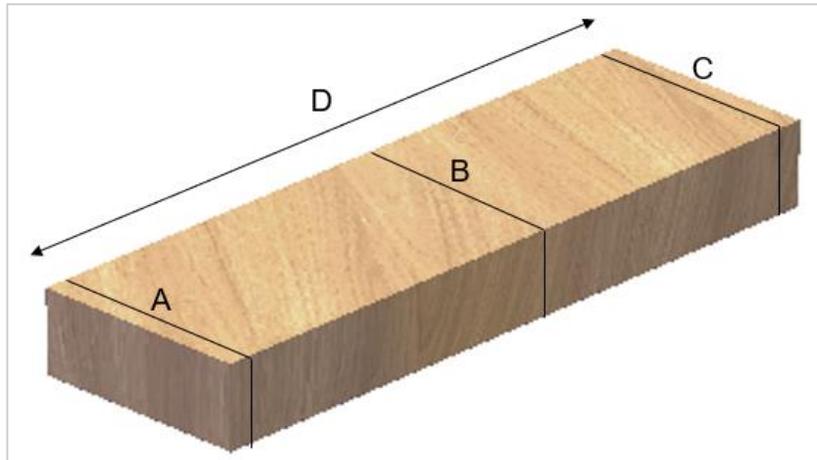
Fuente: modificado de INTECO (2014).

- Equipo

Para la medición de las piezas de madera se debe utilizar una cinta métrica con una precisión de 0,5 mm. Además, se recomienda utilizar el formulario incluido en el anexo 1.

- Puntos de medición

Se debe medir el espesor y ancho en tres posiciones distintas, una medición al centro de la pieza y las otras dos en cada borde a no menos de 3 cm. La medición de la longitud se realiza una vez por pieza. En la figura 3 se observa los puntos de medición.



**Figura 3.** Puntos de medición para determinar ancho, espesor y longitud de la madera. Fuente: modificado de INTECO (2014).

- Procedimiento de medición

En cada pieza de madera se mide el espesor, ancho y longitud en los puntos de medición elegidos.

Luego las tres mediciones para las variables espesor y ancho se promedian por separado.

### 5.3. Identificación de los defectos en la pieza de madera

La identificación de los defectos se registrará según lo establecido en las normas INTE C98: 2018 “Terminología de maderas” INTE C99: 2014 “Madera aserrada para uso general. Requisitos”.

Los defectos a identificar en madera seca a lo largo de la pieza son: acebolladura, acanalado, agujero, arista faltante, arqueadura, torcedura, encorvadura, bolsa de resina, falla de cepillado, grano levantado, mordidas por cuchilla, corteza incluida, quebrantadura, grano inclinado, grietas por cabeza, grietas por secado en cara, rajaduras, manchas, marcas de sierra, nudos, pudrición y taladrado.

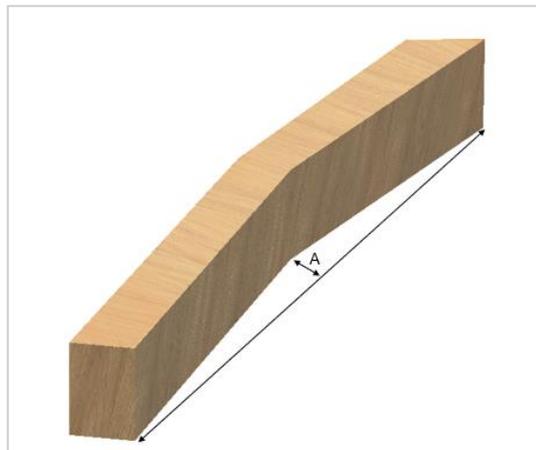
- Equipo

En el caso de identificar los defectos nudos, arista faltante, acanalado, arqueado, encorvado, torcedura, agujero, bolsa de resina, quebrantadura, grano levantado, grietas, rajaduras y taladrado en la pieza de madera se debe utilizar un calibrador, con una precisión de 0,001 mm.

- Procedimiento de medición

Para la identificación de los defectos se selecciona la cara de la pieza que presente mayor cantidad de imperfecciones y se tipifica el defecto presente más distintivo por pieza. A continuación, se detalla el punto de medición para algunos de los defectos medibles más comunes:

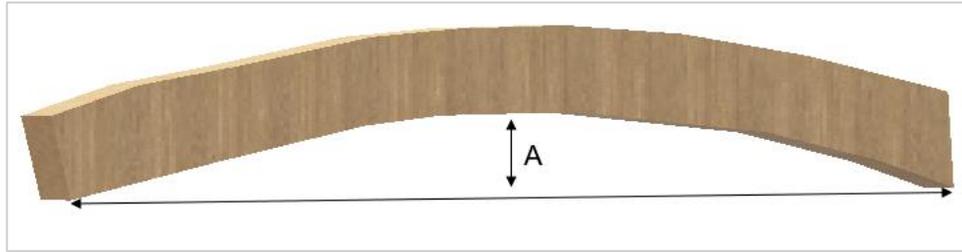
- Arqueadura o curvatura por cara: se debe colocar la pieza sobre una superficie horizontal que permita identificar la desviación. La figura 4 indica el punto de medición para este defecto.



**Figura 4.** Medición en curvatura por cara en una pieza de madera.

Fuente: modificado de INTECO (2015).

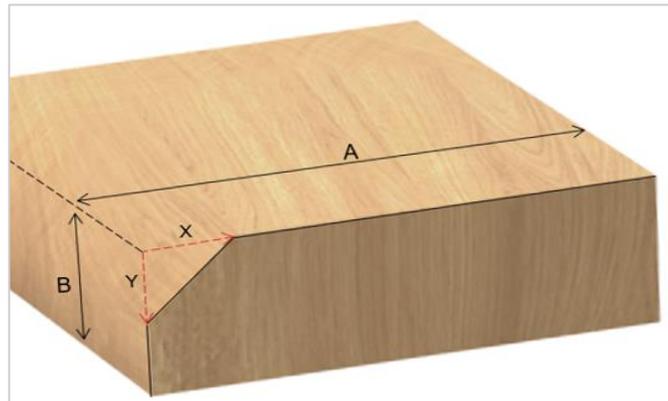
- Encorvadura o curvatura por canto: consiste en colocar la pieza en una superficie de manera que permita la lectura de la curvatura en mm con el calibrador. La figura 5 indica el punto de medición de la encorvadura en una pieza de madera.



**Figura 5.** Medición en curvatura por canto en una pieza de madera.

Fuente: modificado de INTECO (2015).

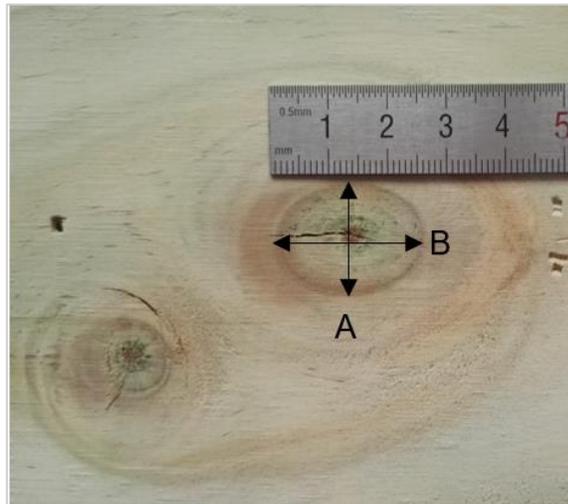
- Arista faltante: se medirá la diferencia faltante del espesor y ancho en mm con el calibrador y se calculará el porcentaje que abarca. La figura 6 muestra los ejes de medición para el cálculo de este porcentaje de arista faltante en una pieza de madera.



**Figura 6.** Medición de diferencia en arista faltante en una pieza de madera.

Fuente: modificado de INTECO (2015).

- Nudos: cuando se identifican nudos en la pieza, se ubica el de mayor dimensión y se mide dos veces de manera perpendicular (figura 7) con lo cual se obtiene un diámetro promedio. Además, se mide la cantidad de nudos por metro lineal.



**Figura 7.** Puntos de medición de un nudo en una pieza de madera.

#### 5.4. Medición de la penetración y retención del preservante

La penetración y retención del preservante se registrará según lo establecido en las normas NCh755 “Madera. Preservación Medición de la penetración de preservantes en la madera.”, NCh 631 “Madera preservada. Extracción de muestras” y INTE C333:2018 “Preservación de madera. Terminología”

Esta metodología se enfoca en el procedimiento para evaluar penetración y retención en las piezas de madera tratadas con preservantes a base de cromo y sales de boro.

#### **Penetración del preservante en la madera**

La penetración se evalúa por medio de un ensayo de tinción que permite determinar la presencia y la penetración del preservante en la madera, este se realiza sobre la superficie transversal de una pieza mediante sustancias indicadoras. Estas sustancias

permiten ver la penetración del preservante a través de un cambio de color en la albura (INTECO, 2018).

#### *Preservante a base de cromo*

Para evaluar la penetración del preservante a base de cromo se utiliza el reactivo llamado Cromo-azurol. Este reactivo se obtiene al disolver 0,5 g de cromo-azurol S (indicador) con 5,0 g de acetato de sodio ( $\text{CH}_3\text{COONa}$ ) en 100 ml de agua destilada. Esta combinación se coloca en un recipiente tipo aspersor.

#### *Preservante a base de sales de boro*

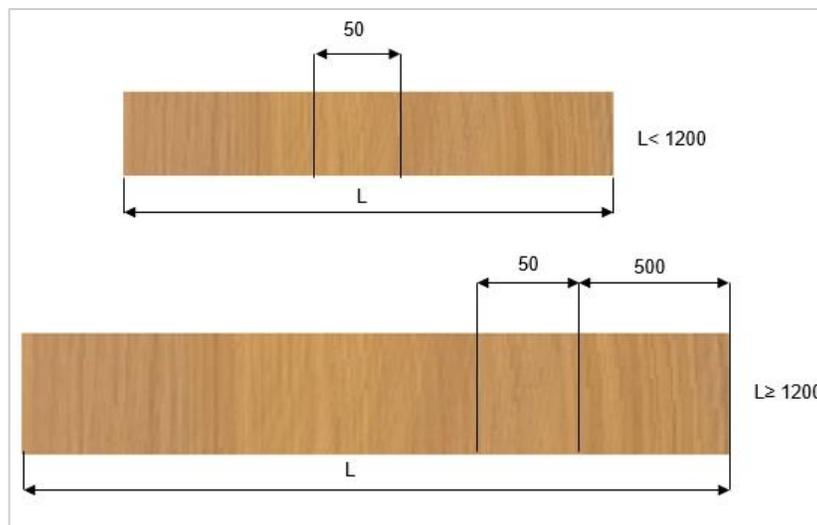
El procedimiento requiere de dos soluciones por separado, una solución A, a base de cúrcuma, a una concentración de 10 g por cada 100 cc de alcohol etílico; y otra solución B mediante una disolución de ácido salicílico (6 g) en solución de 80 cc de alcohol etílico con 20 cc de ácido clorhídrico concentrado (37%) (Canessa-Amador, 2004).

- Procedimiento de medición

Este procedimiento, involucra un muestreo destructivo.

Extracción de las probetas: de las piezas de madera medidas, se deben seleccionar al azar 6, en cada una de estas, se debe obtener una probeta, considerando lo siguiente:

- Para piezas de madera de espesor menor a 100 mm, de cada unidad de muestreo cortar una probeta de 50 mm de largo a través de la sección transversal de la pieza.
- En madera de largo inferior a 1200 mm, extraer la probeta de la parte central; para largos iguales o superiores a 1200 mm, extraer la probeta a una distancia mayor o igual de 500 mm desde los bordes como se muestra en la figura 8.



**Figura 8.** Obtención de probetas en madera aserrada.

Fuente: modificado de Instituto Nacional de Normalización (2003).

- Cuando las piezas de madera presenten un espesor mayor a 100 mm, las partes involucradas pueden determinar obtener las probetas en menos de las 6 piezas indicadas.

Las 6 piezas de madera seleccionadas se colocan sobre una superficie horizontal y se procede a medir la pieza para determinar el área de corte y la longitud de la probeta.

El área de corte debe ubicarse a una distancia mayor a 150 mm de nudos u otros defectos que puedan influir en la absorción del preservante (área con fibras rectas y uniformes). Posteriormente se realizan los cortes con una sierra circular de mesa o un instrumento que permita hacer el corte. A las 6 probetas extraídas se les rocía con el reactivo definido según el preservante utilizado, a pocos segundos de la aspersion las probetas cambian de color. Se debe documentar la coloración con la toma de una fotografía, y se debe anotar si el preservante penetró el 100% de la albura.

### **Retención del preservante en la madera**

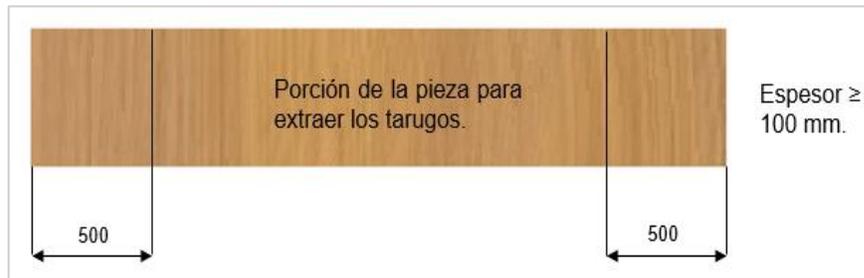
La retención efectiva se define como la cantidad de componentes activos que permanecen en la madera después del tratamiento. Se expresa en  $\text{kg/m}^3$  (INTECO, 2018).

- Metodología de medición

Este procedimiento, involucra un muestreo destructivo.

Extracción de la muestra: De las piezas de madera medidas, se deben seleccionar al azar 6, en cada una de estas, se debe obtener tres tarugos que juntos midan entre 10 a 15 cm de largo, considerando la siguiente información:

- Para piezas de madera de espesor mayor o igual a 100 mm, extraer tarugos de diámetro mayor o igual a 5 mm y largo superior a la mitad del espesor, en la porción de la pieza ubicada a una distancia mayor o igual a 500 mm de los extremos como lo indica la figura 9.



**Figura 9.** Obtención de probetas en madera aserrada.

Fuente: modificado de INN (2003).

Las 6 piezas de madera seleccionadas se colocan sobre una superficie horizontal, luego se procede a medir la longitud de la pieza con cinta métrica para determinar la ubicación del área de extracción y con un barreno para madera se procede a perforar la pieza. La extracción de los tarugos se realiza en dirección perpendicular a los anillos de crecimiento, en la zona de mayor espesor de la albura.

Al extraer los tarugos, estos se deben manejar con cuidado, evitando que se quiebren y se deben colocar de manera que se identifique cuál es la superficie exterior y cuál es el interior de la madera.

Una vez recolectados los tarugos, se depositan en bolsas tipo ziploc y se rotulan con un código que identifique el producto, con la fecha de recolección y el número de muestra. Posterior a la recolección de las muestras estas se envían a un laboratorio químico autorizado, donde se realiza la prueba de espectroscopía de absorción

atómica que permite obtener la retención del elemento activo en  $\text{kg/m}^3$ . Cuando se entregan las muestras al laboratorio se debe indicar la densidad ( $\text{kg/m}^3$ ) de la especie.

## Clasificación de la calidad de la pieza de madera

Una vez recolectada la información sobre contenido de humedad, dimensiones y defectos presentes en cada una de las piezas de madera se procede a clasificar en calidad 1, 2 o 3 según lo indicado en la norma INTE C99:2014.

### 6.1. Clasificación del Contenido de humedad en la madera

Para cada pieza de madera se promedia los tres valores obtenidos de la medición con el higrómetro. Una vez determinado el valor de contenido de humedad promedio por pieza, se compara con los valores presentados en el cuadro 1 y se clasifica cada pieza como madera en estado verde o seca.

En el cuadro 3 se muestra la clasificación de la madera seca o verde según contenido de humedad definido en la norma.

**Cuadro 3.** Clasificación de la madera según el porcentaje de humedad.

Tipo	Condición de humedad
Madera verde	Mayor de 19%
Madera seca	Menor o igual que 19%

Fuente: INTECO (2014).

## 6.2. Clasificación de espesor, ancho, longitud y defectos de la madera

Para este análisis se consideran las tolerancias en las dimensiones proporcionadas en el cuadro 4, también se comparan los valores obtenidos de la medición de las piezas de madera con las especificaciones técnicas de las piezas solicitadas por parte de la empresa constructora.

Se inicia por identificar cada pieza según la dimensión de su espesor y ancho (diferenciar entre piezas con dimensiones menores o mayores que 50 mm), luego según la longitud de la pieza (diferenciar entre piezas con longitud menor o mayor que 2,50 m). Después de identificar las piezas por dimensión, se promedian los tres valores obtenidos de espesor y ancho por aparte, con estos valores promedio se calcula la diferencia (llamada tolerancia) contra lo especificado y de acuerdo a esta diferencia ( $\pm$ ) se clasifica como clase 1, 2 o 3. Este procedimiento se repite para la clasificación de la pieza según la longitud.

**Cuadro 4.** Clasificación por tolerancias en las dimensiones a lo largo de la misma pieza para madera verde y seca.

<b>Dimensiones</b>	<b>Clase 1</b>	<b>Clase 2</b>	<b>Clase 3</b>
Dimensiones en espesor o ancho menor que 50 mm	$\pm 1\text{mm}$	$\pm 1,5\text{mm}$	$\pm 2\text{mm}$
Dimensiones en espesor o ancho mayor que 50 mm	$\pm 2\text{mm}$	$\pm 3,0\text{mm}$	$\pm 4\text{mm}$
Longitud menor que 2,5 m.	+ 0,25%	+ 0,5%	+ 0,75%
Longitud mayor que 2,5 m.	+ 0,5%	+ 1%	+ 1,50%

Fuente: INTECO (2014).

Nota: Es importante considerar que la norma C99:2014 utiliza milímetros (mm) como unidad de medición, con lo cual se recomienda solicitar las especificaciones en milímetros o considerar las medidas nominales que utilice la empresa.

### 6.3. Clasificación por los defectos en la pieza de madera

Para clasificar la pieza de madera seca se compara cada defecto encontrado en la pieza de madera con lo descrito en el cuadro 5 y se procede a clasificar en clase 1, 2 o 3.

**Cuadro 5.** Clasificación por tolerancias en las dimensiones a lo largo de la misma pieza para madera verde y seca.

<b>Defecto</b>	<b>Clase 1</b>	<b>Clase 2</b>	<b>Clase 3</b>
Acebolladura	No se permite	No se permite	No se permite
Torcedura (mm/m)	Menor que 2	Entre 2 y 6	Mayor que 6
Arqueadura (curvatura por cara, mm/m)	Menor que 4	Entre 4 y 6	Mayor que 6
Acanalado (mm)	Menor que 3, sin importar el ancho	Entre 3 y 6	No se considera
Encorvadura (curvatura por canto, mm/m)	Menor que 2	Entre 2 y 6	Mayor que 6
Agujero (mm)	Diámetro menor que 4	Diámetro entre 4 y 25	Diámetro mayor que 25 pero inferior a un 33% del ancho de la pieza

Defecto	Clase 1	Clase 2	Clase 3
Arista faltante	No se permite	Se admite aristas faltantes que abarquen hasta 33% del espesor, 33% del ancho, y que esté ubicada en uno de los cuatro extremos de la pieza	Se admiten siempre y cuando abarquen hasta 33% del espesor y 33% del ancho.
Bolsas de resina (aplica para madera de pino)	Pequeñas (5 cm de longitud y 0,5 cm de ancho) máximo 1 por metro lineal	Pequeñas (5 cm de longitud y 0,5 cm de ancho): no se consideran	No se considera
		Medianas (10 cm de longitud y 1 cm de ancho): máximo 1 por metro lineal	
Falla de cepillado (solo para madera cepillada)	No se permite	No se permite	Se permite un máximo 10% de la pieza
Mordidas por cuchilla (no aplica para madera sin cepillar)	No se permite	Se permite máximo 1 por pieza	No se considera
Grano levantado, velloso, rasgado (excepto que sea característico de la especie)	No se permite	5% de la longitud de la pieza de la madera	No se considera
Corteza incluida	No se permite	No se permite	Cuando el diámetro no sobrepase el 30% del espesor de la pieza
Quebrantadura	No se permite	Menores de 20 mm de longitud máximo 3 por metro lineal	Menores de 20 mm de longitud máximo 6 por metro lineal

Defecto	Clase 1	Clase 2	Clase 3
Grano inclinado (el característico de la especie no se tiene en cuenta)	Con máximo de 1:12	Con máximo de 1:8	Con máximo de 1:6
Grietas por cabeza(extremo)	Longitud en cara menor que 20 mm	Longitud entre 20 mm y 30 mm	Longitud entre 30 mm y 50 mm
Grietas por secado en cara	No se permite	Longitud menor que 20 mm	Longitud entre 20 mm y 50 mm
		Profundidad menor o igual que 2 mm	Profundidad entre 2 mm y 5 mm
		Se permiten como máximo 2 por metro lineal	Se permiten como máximo 5 por metro lineal
Rajaduras	No se permiten	Cortas: únicamente en los extremos y menores de 50 mm	Cortas: no se consideran
			Medianas: únicamente en los extremos y menores de 75 mm
Manchas	No se permite	Se permiten superficiales	No se consideran
Marcas de sierra (aplica para madera aserrada)	No se permite	Presentes en el 10% de la longitud	No se consideran
Nudos	Únicamente sanos y máximo 5 por metro lineal	Sanos sin restricción y sueltos menores de 20 mm de diámetro máximo 3 por metro lineal	Sanos sin restricción y sueltos menores de 20 mm de diámetro máximo 6 por metro lineal
Pudrición	No se permite	No se permite	No se permite

<b>Defecto</b>	<b>Clase 1</b>	<b>Clase 2</b>	<b>Clase 3</b>
Taladrado	Pequeño (1 mm de diámetro o menos): máximo 10 por metro lineal	Pequeño (1 mm de diámetro o menos): máximo 20 por metro lineal	Pequeño (1 mm de diámetro o menos) no se considera
		Grande (mayor que 1 mm de diámetro): máximo 3 por metro lineal	Grande (mayor que 1 mm de diámetro): máximo 5 por metro lineal

Fuente: INTECO (2014).

#### 6.4. Clasificación final de la pieza de madera

Asignadas las clasificaciones a cada pieza de madera según espesor, ancho, longitud y presencia de defectos, se proporciona una categoría final de clasificación, que consiste en otorgar a la pieza, la clase más baja obtenida entre las 5 variables analizadas, por consiguiente, para que una pieza de madera sea clase 1, debe obtener este valor en todas sus clasificaciones.

Se recomienda al finalizar la clasificación codificar las piezas de madera evaluadas según lo dispuesto en la norma INTE C99:2014 mediante la siguiente codificación alfanumérica descrita en el cuadro 6.

**Cuadro 6.** Codificación de las piezas de madera aserrada de uso general.

Humedad	Cepillado	Uso	Clase**	Plus
Seca (S)	Cepillada (nC)*	General (G)	Clase uno (1)	Acabado (A)
Verde (V)	Sin cepillado (SC)	Estructural (E)	Clase dos (2)	Preservado (P)
		Mueblería (M)	Clase tres (3)	Lijado (L)

\* Donde “n” es el número de las caras cepilladas.

\*\* Entre la clase por dimensiones y la clase por defectos se debe expresar la variable de menor clase.

Una vez codificada la pieza de madera, se debe agregar el nombre común y científico de la especie, seguido por las dimensiones de espesor, ancho y longitud en mm. Un ejemplo de codificación de la madera se presenta a continuación:

Una madera aserrada, cepillada en sus dos caras, para uso general de clase 1 en dimensiones y clase 3 en defectos, preservada, de cedro amargo y con dimensiones (25 x 200 x 4000) mm se debe identificar de la siguiente forma:

**V2CG3P cedro amargo (*Cedrelaodorota*) (25x200x4000) mm**

### **Criterios de aceptación o rechazo de los lotes de madera.**

La norma INTE C99:2014 establece los siguientes criterios para aceptar o rechazar lotes de madera.

#### **7.1. Criterio de aceptación**

- Tolerancia: Si un 5% o menos del lote comercial corresponde a la clase inferior siguiente. (ver cuadro 4).
- Defectos: Si un 5% o menos del lote comercial corresponden a la clase inferior siguiente. (ver cuadro 5).

#### **7.2. Criterio de rechazo**

- Tolerancia: si más del 5% del lote comercial corresponde a la clase inferior siguiente, el lote comercial debe ser rechazado o reclasificado en otra clase.
- Defectos: si más del 5% del lote comercial corresponde a la clase siguiente, el lote comercial debe ser rechazado y reclasificado en otra clase.

### **7.3. Reclasificación de lotes comerciales**

- Si se da el rechazo de un lote comercial, queda a criterio del cliente aceptar la reclasificación o rechazar el lote.
- Si los resultados de alguna prueba no cumplen los requisitos de la especificación, las pruebas pueden realizarse nuevamente únicamente mediante acuerdo entre el cliente y el fabricante. Bajo este acuerdo los requisitos mínimos no deben reducirse, ni sustituir, cambiar o modificar pruebas que son parte de la especificación.

### **Evaluación del transporte de la madera**

- Materiales y equipo

Para realizar la evaluación del transporte de la madera se debe utilizar la lista de comprobación (cuadro 5). Una tabla para sujetar papel, bolígrafo, y disponer de una cámara fotográfica o la cámara del celular, aunque esta debe contar con una resolución de imagen mínima de 4160x2336 HD (16:9) equivalente o superior a 8 megapixels.

- Procedimiento de medición

Se debe realizar una visita a la planta proveedora de madera y aplicar la lista de comprobación, asimismo se tomarán fotografías sobre las observaciones relevantes y faltas recurrentes. En caso de solo realizarse un tipo de carga, este se debe indicar en las observaciones.

**Cuadro 7.** Lista de comprobación para el transporte de la madera en carga manual y mecánica.

<b>Lista de comprobación para el transporte de la madera</b>				
Utilice una hoja por cada evaluación realizada			Fecha:	
Verificaciones de seguridad para el método de carga manual y el método de carga mecánica. Verificaciones de seguridad para montacargas, eslingas y otros equipos.	Marque en el cuadro si observa durante la operación de carga. NA=no aplica.  ✓	Empresa:		N° de empleados:
<b>Carga Manual</b>	SI	NO	NA	<b>Observaciones</b>
Se utiliza el equipo de seguridad adecuado (chaleco, zapatos con punta de metal, casco y guantes).				
El trabajador verificó que la trayectoria esté libre de obstáculos.				
El peso de la carga en hombres es inferior a los 25 kg.				
Los materiales con exceso de peso son transportados entre dos o más trabajadores.				
Las tablas se transportaron entre dos trabajadores.				
Se aplica un método seguro durante el levantamiento manual de cargas.				
<b>Carga Mecánica</b>				
Las maquinas son utilizadas por trabajadores capacitados.				
Se realizó una revisión previa de la maquinaria (presión de llantas, aceite, luces y dispositivos de seguridad).				
La zona de operación de máquinas está delimitada.				
La zona de operación de máquinas está libre de obstáculos.				
El operador apaga el motor cuando se aleja de la maquinaria.				
El operador evita dejar la carga suspendida en el aire al ausentarse.				
<b>Maquinaria y equipo utilizado en el transporte de madera.</b>				
<b>Montacargas</b>	El sistema de frenos y elevación se encuentran en buen funcionamiento.			
	Existe una señal audible cuando el montacargas está en reversa.			
	La carga de combustible se realizó en una zona ventilada.			
	La carga se mantuvo estable durante los movimientos realizados con el montacargas.			
	Al finalizar la operación, el montacargas se estacionó en un sitio plano.			

<b>Eslinga</b>	Las eslingas se almacenan en un lugar limpio, seco y lejos de la luz solar.				
	Se utilizan eslingas en perfectas condiciones y sin nudos.				
	Las eslingas dañadas están separadas o se desecharon.				
<b>Otros</b>	Se sujetó el material con flejes en buen estado.				
	Se utilizó un ángulo de protección o cartonera en las esquinas del material.				
	Se utilizó film retráctil o plástico para proteger los bordes de las piezas embaladas.				
<b>Aspectos generales de la carga</b>					
	La carga fue bien sujeta y está acondicionada.				
	Las luces del camión y el número la placa, se observan con claridad.				
	La carga no obstruye la visibilidad del conductor.				
	La madera se protegió con una lona o capote antes de ser transportada.				
	El chofer cuenta con una guía donde se indican las piezas transportadas y su respectiva cantidad.				

## **Evaluación del Almacenaje de la madera**

La evaluación del almacenaje de la madera abarca las condiciones del sitio de almacenaje y acopio de la madera, para ello se planteó una lista de comprobación.

- Materiales y equipo

Para realizar la evaluación del almacenaje de la madera se debe utilizar la lista de comprobación (cuadro 6). Una tabla para sujetar papel, bolígrafo y disponer de una cámara fotográfica o la cámara del celular, aunque este debe contar con una resolución de imagen mínima de 4160x2336 HD (16:9) equivalente o superior a 8 megapixels.

- Procedimiento de medición

Se debe realizar una visita al sitio de obra y aplicar la lista de comprobación para el almacenamiento de la madera, asimismo se tomarán fotografías sobre las observaciones relevantes y faltas recurrentes.

**Cuadro 8.** Lista de comprobación para el almacenaje de la madera en el sitio de construcción.

<b>Lista de comprobación para el almacenaje de la madera</b>					
Utilice una hoja por cada evaluación realizada			Fecha:		
Verificaciones de seguridad para el área de acopio de la madera y verificaciones para el acopio de la madera.	Marque en el cuadro si observa durante la operación de carga. NA= no aplica			Empresa:	N° de empleados:
	<input checked="" type="checkbox"/>				
<b>Área de acopio de la madera</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>NA</b>	<b>Observaciones</b>	
Se dispone de un lugar específico para el almacenamiento de la madera.					
Se dispone de una bodega techada para almacenar la madera.					
La madera se encuentra resguardada de la intemperie y de humedades.					
En el área de acopio de la madera se observó un extintor contra incendios.					
En el área de acopio de la madera se observó un rotulo que indica "prohibido fumar".					
Se identificó con facilidad en la obra un contenedor para recortes y desechos.					
<b>Acopio de la madera</b>					
La altura de apilado de madera es igual o inferior a 1,5 m de altura.					
La madera se almacenó de acuerdo con la clase de uso y las de mayor peso se ubicaron en la parte inferior de la pila.					
Los cantos de las piezas y su acabado se encuentran en buenas condiciones.					
La madera seca se encontró almacenada de manera que conserva la ventilación.					
La madera se encontró almacenada sobre una superficie nivelada lejos del contacto con el suelo una distancia de 20 o 30 cm de altura.					
La descarga de madera se realizó desde la parte superior de la pila de madera hacía abajo.					
La madera cilíndrica presentó calzas en la parte inferior que evitan su movimiento.					

La madera húmeda se encontró apilada con separadores, protegida de la intemperie y en un lugar ventilado.				
Se cuenta con un procedimiento en caso de que la madera se moje durante la puesta en obra.				
El polietileno usado para cubrir la madera se encuentra libre de agujeros y no permite la filtración de agua.				

## Referencias

- Araya-Muñoz, M. I., Ugalde-Villalobos, M.E., España-Chavarría C., Varela-Córdoba, K., Fournier-Vargas, A., Canales-García, A. L. (2018). *Producción de documentos: competencia de gestión de oficinas*. Heredia, Costa Rica: EUNA. 220 p.
- Canessa-Amador, E. (2004). *La aspirina y las soluciones de boratos para preservar madera*. Revista forestal Mesoamericana Kurú, (1), 87-88.
- Camacho-Cornejo, D., Salas-Garita, C., & Rivera-Tenorio, M. (2017). *Estándares de Calidad Visual de Madera Aserrada en Costa Rica*. Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. 21 p.
- Chávez, L. E., Hernández, C. B., & Ruiz, C. L. J. (2010). *Determinación de la calidad de la madera de construcción*. Acta Universitaria, 20(2), 5-13.
- Coto-Portuguez, A. (2015). *Manual de uso de la madera para la construcción*. San José, Costa Rica: Grupo Nación.
- Instituto Nacional de Normalización (INN). (2003). NCh 631. *Madera preservada - Extracción de muestras*. Santiago, Chile. Recuperado de <http://normastecnicas.minvu.cl/> [Consulta 5 ago. 2018].
- Instituto Nacional de Normalización (INN). (1996). NCh 755. *Madera Preservación Medición de la penetración de preservantes en la madera*. Santiago, Chile. Recuperado de <http://normastecnicas.minvu.cl/> [Consulta 5 ago. 2018].
- Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO). 2015. [INTE C98:2015](#): *Norma de terminología de maderas*. San José, Costa Rica.
- Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO). 2014. [INTE C99:2014](#): *Madera aserrada para uso general. Requisitos*. San José, Costa Rica. p.7-10.

- Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO). 2018. INTE C333:2018: *Preservación de madera. Terminología*. San José, Costa Rica.
- Moya Roque, R; Muñoz Acosta, F; Salas Garita, C; Berrocal Jiménez, A; Leandro Zúñiga, L; Esquivel Segura, E. 2011. Tecnología de madera de plantaciones forestales: Fichas técnicas (en línea). Cartago, CR, Editorial Corporación Garro y Moya. 207 p. (ISBN: 978-99689643-3-3); Disponible en [www.tec.ac.cr/revistaforestal](http://www.tec.ac.cr/revistaforestal)
- Müller, M. V. (1988). Técnicas de redacción II. San José, Costa Rica. Editorial de la Universidad de Costa Rica.
- Rodríguez, M., Scavuzzo, J. & Taborda, A. (2013). *Metodología integral de evaluación de proyectos sociales: Indicadores de resultados e impactos*. Editorial Brujas.
- Tuk-Durán, J. (2010). *Madera: Diseño y construcción*. San José: Ediciones Sanabria, S.A.
- Quesada, F. (2014). Métodos de evaluación sostenible de la vivienda: Análisis comparativo de cinco métodos internacionales. *Hábitat Sustentable*, 4(1), 56-67.
- Sprovieri, E. J. (2014). *La vivienda de interés social y la tecnología*. Buenos Aires, Argentina: Editorial Nobuko. p.199.

## Anexos

### Anexo 1. Formulario base para la toma de datos de la clasificación visual de la madera.

N°	Cód	e1	e2	e3	a1	a2	a3	l	ch1	ch2	ch3	defecto1	defecto2	Obs
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														

Fuente: Camacho-Cornejo, Salas-Garita y Rivera-Tenorio (2017).

**Anexo 5.** Especificaciones de dimensiones suministradas por la empresa Eco-houses.

Proyecto Cartagena  
Casa típica 42m<sup>2</sup>

TABLEROS		
Tablero de 1 Hilada	370mm	1
Tablero de 3 Hiladas	370mm	1
Tablero de 5 Hiladas	370mm	3
Tablero de 2 Hiladas	700mm	1
Tablero de 4 Hiladas	700mm	1
Tablero de 5 Hiladas	700mm	1
Tablero de 1 Hilada	820mm	1
Tablero de 3 Hiladas	820mm	1
Tablero de 4 Hiladas	820mm	1
Tablero de 5 Hiladas	820mm	6
Tablero de 2 Hiladas	970mm	7
Tablero de 1 Hilada	970mm	3
Tablero de 3 Hiladas	970mm	3
Tablero de 4 Hiladas	970mm	1
Tablero de 5 Hiladas	970mm	8
Tablero de 2 Hiladas	1420mm	3
Tablero de 1 Hilada	1420mm	5
Tablero de 3 Hiladas	1420mm	5
Tablero de 4 Hiladas	1420mm	7
Tablero de 5 Hiladas	1420mm	31
Tablero de 2 Hiladas	1750mm	2
Tablero de 5 Hiladas	1750mm	1
Tablero de 1 Hilada	1870mm	2
Tablero de 3 Hiladas	1870mm	2
Tablero de 4 Hiladas	1870mm	1
Tablero de 5 Hiladas	1870mm	9

ESCALERAS Y BARANDAS		
Huellas	2"x6"x0,96m	16
Largueros de escalera	2"x10"x1,53m	4
Baranda	2"x3"x3,20m (10,5)	1
Balaustres	2"x2"x0,80m	35
Pasamanos	2"x4"x3,20m (10,5')	3
Poste pieza	3"x3"x1,06 (3,5')	5
Cadenillo borde exterior	2"x6"x1,06m (3,5')	2
SUJECIÓN		
Placa sujeción HG	5"x5"	28

TABLEROS		
Tablero de 1 Hilada	370mm	1
Tablero de 3 Hiladas	370mm	1
Tablero de 5 Hiladas	370mm	3
Tablero de 2 Hiladas	700mm	1
Tablero de 4 Hiladas	700mm	1
Tablero de 5 Hiladas	700mm	1
Tablero de 1 Hilada	820mm	1
Tablero de 3 Hiladas	820mm	1
Tablero de 4 Hiladas	820mm	1
Tablero de 5 Hiladas	820mm	6
Tablero de 2 Hiladas	970mm	7
Tablero de 1 Hilada	970mm	3
Tablero de 3 Hiladas	970mm	3
Tablero de 4 Hiladas	970mm	1
Tablero de 5 Hiladas	970mm	8
Tablero de 2 Hiladas	1420mm	3
Tablero de 1 Hilada	1420mm	5
Tablero de 3 Hiladas	1420mm	5
Tablero de 4 Hiladas	1420mm	7
Tablero de 5 Hiladas	1420mm	31
Tablero de 2 Hiladas	1750mm	2
Tablero de 5 Hiladas	1750mm	1
Tablero de 1 Hilada	1870mm	2
Tablero de 3 Hiladas	1870mm	2
Tablero de 4 Hiladas	1870mm	1
Tablero de 5 Hiladas	1870mm	9

ESCALERAS Y BARANDAS		
Huellas	2"x6"x0,96m	16
Largueros de escalera	2"x10"x1,53m	4
Baranda	2"x3"x3,20m (10,5)	1
Balaustres	2"x2"x0,80m	35
Pasamanos	2"x4"x3,20m (10,5')	3
Poste pieza	3"x3"x1,06 (3,5')	5
Cadenillo borde exterior	2"x6"x1,06m (3,5')	2
SUJECIÓN		
Placa sujeción HG	5"X5"	28

MAD G1CT 3,3 KGXM3 34X145X3962MM 1 1/2X6

MAD G1CT 3,3 KGXM3 41X230X3200 MM 2X10

MAD G1CT 3,3 KGXM3 65X65X3200 MM 3X3

TABL PLY FEN RAN TRAT BC 9X1220X2440 MM

**MAD G1CT 3,3 KGXM3 34X145X3962MM 1 1/2X6**

**MAD G1CT 3,3 KGXM3 41X41X3200 MM 2X2**

**\* MAD G1CT 3,3 KGXM3 41X65X3200 MM 2X3**

**MAD G1CT 3,3 KGXM3 41X90X3200 MM 2X4**

**MAD G1CT 3,3 KGXM3 41X115X3200 MM 2X5 •**

**MAD G1CT 3,3 KGXM3 41X140X3200 MM 2X6**

**MAD G1CT 3,3 KGXM3 41X230X3200 MM 2X10 •**

**MAD G1CT 3,3 KGXM3 65X65X3200 MM 3X3**

**TABL PLY FEN RAN TRAT BC 9X1220X2440 MM**

**MAD G1CT 3,3 KGXM3 41X140X4270 MM 2X6**

**Anexo 6. Especificaciones de dimensiones suministradas por la empresa  
SOMABACU.**

<b>BASAS</b>	<b>TIPO</b>	<b>45M BAJA</b>
BASAS 4X4 CEMENTO		22UNI
BASAS 6X6 CEMENTO		12UNI
BASAS PARA BAÑO 4X4 EN 50CM CON PIN		8UNI
BASAS PARA GRADAS 4X4 EN 25CM CON PLATINA		4UNI

<b>ACABADOS MADERAS</b>	<b>BAJA</b>
Pilotes 4x4	10
Cadenillo 2x4 (en tres varas).	48
Huellas de 1 y 1/4 x10 en 1 vara 1/2 cepillo una cara	8
Tabla para gradas 1x10 en cuatro varas	1
Piezas para forro de 12cm x 244cm	137
Postes de paso	27
Poste terminal	7
Poste Liso	5
Postes esquineros	8
Postes Te	2
Solera de 3x3x3	21
Artesones y caballete de 1y 1/2 x 5 en tres varas	28
Tablilla 1/2 x3 x1 1/2 Y 1/2 x3x3 para cielo Razo	740
1x3x1 para aleros y barandas	56
1x3x1 1/2 para aleros, frontales, barandas, parasoles, baño, cocina	94
1x3x3 varas para aleros, baño y puerta	48
1x3x3 clavadores sin cepillo	40
1x3x1 1/2 trazo	20
2x3x1 1/2 refuerzos y muñecos	15
2x3x3 para baño y mueble pila	12
Tablas para piso	173

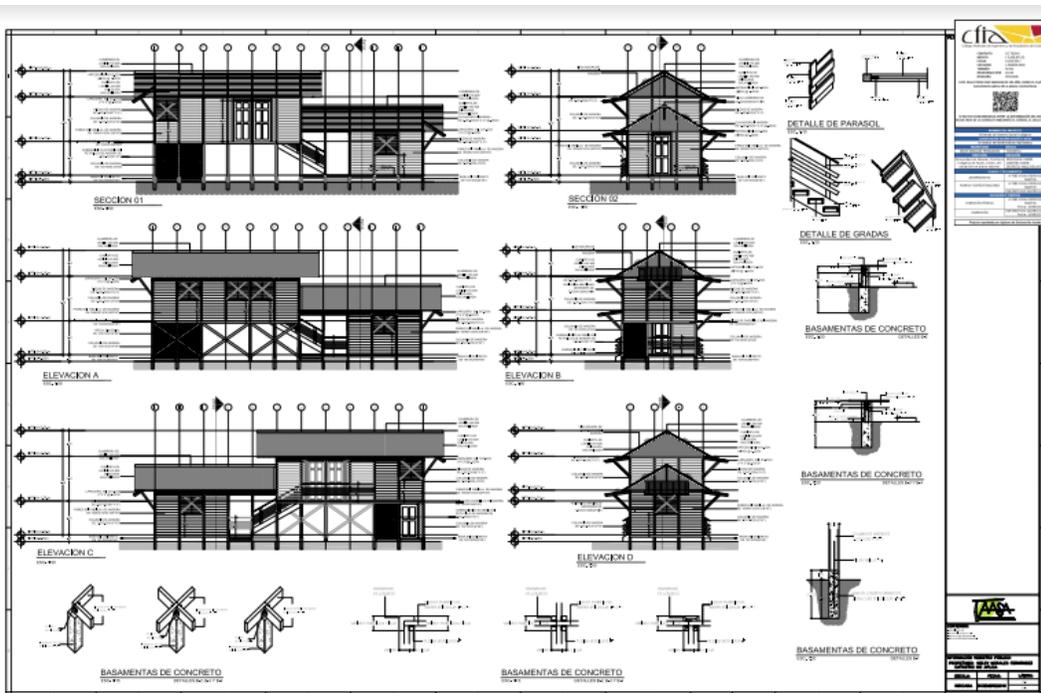
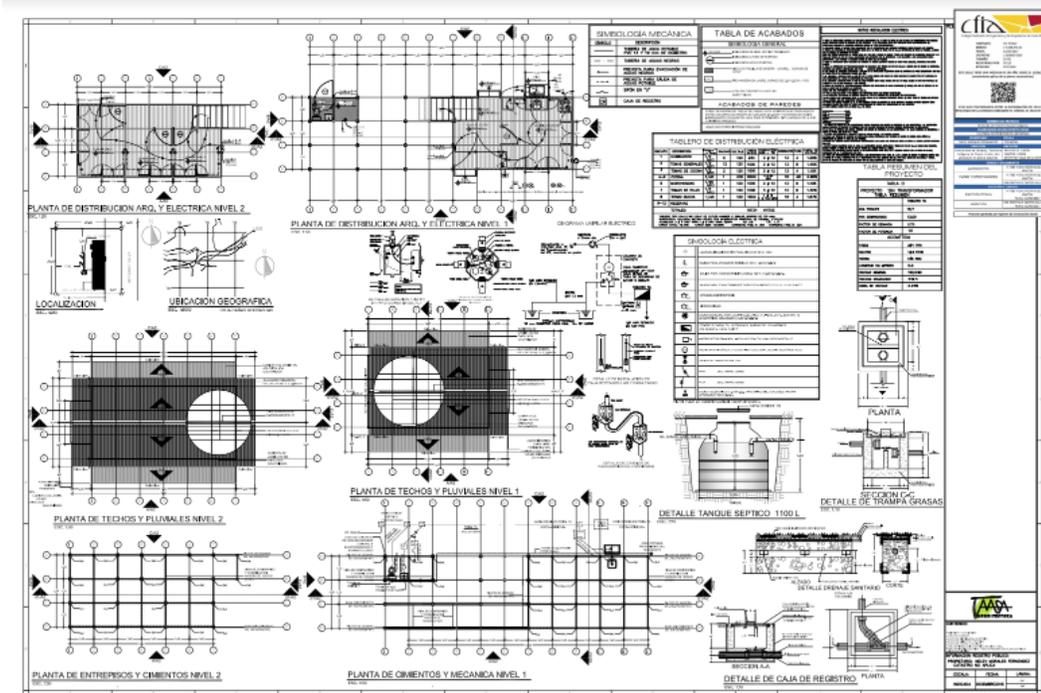
**MOLDURAS**

23	PETATILLO 1/2X2X 1 1/2 Y 1/2X2X3	75 PIEZAS EN 3 VARAS *O* 150 PIEZAS EN 1 1/2
24	VENILLAS PARA ACRILICOS 1/2 X 1/2 EN 1 VARA 1/2	40PIESAS EN 3 VARAS *O* 80 PIEZAS EN 1 1/2
25	BATIENTES 1/2X1 EN 3 VARAS	22 PIEZAS EN 3 VARAS *O* 44 PIEZAS EN 1 1/2
26	1/2 CAÑADE 1 Y 1/2 EN 3 VARAS	35PIESAS EN 3 VARAR *O* 70 PIEZAS EN 1 1/2

**ELEMENTOS DE FIJACION**

Platina 1 pulgada	12
Platina 1 y 1/4	22
Angulares 20cm	4
Angulares 5 cm para artesón	10
Angulares 7 cm	4
Fijación codo o te	12

**Anexo 7. Planos de diseño de las viviendas suministrado por la empresa SOMABACU.**



**Anexo 8.** Certificado de preservado de la madera de pino amarillo del sur de la empresa SOMABACU.



***CERTIFICATE OF TREATMENT***

3,520 pcs.\_1" x 6" x 12 GC T&G #2 V1S (11pks @ 320)  
1,600 pcs.\_1" x 6" x 8 GC T&G #2 V1S (5pks @ 320)

**This material was furnished for:**

CAPE TRADING  
1 AUNT EDITHS RD  
BASS RIVER, MA 02664

**Ref P.O. #: 1047**  
**Culpeper Order #: 16-14171**

The material listed above was treated using the modified full cell process for the pressure treatment of lumber and plywood to an average net retention of **[.15]** lb/pcf of **Micronized Copper Azole (MCA)**. This material is treated for ground-contact use as defined in UC4A of the Use Category System by the American Wood Protection Association. (AWPA)

The sawn wood in this shipment has been redried to an average moisture content of 19% or less.

MV FOREST PANAMA V 228/18  
PANAMA CITY 10/8-9

**CERTIFIED**

Authorized Signature

Date 9-20-18

**Anexo 9. Resultados de análisis químico realizado por LAMBDA para la empresa Eco-houses y SOMABACU.**



Tels.: 2286-1168 / 2226-4462 • Fax: (506) 2226-4462 • Apartado: 877-1011 San José, Costa Rica  
e-mail: lambda@racsa.co.cr • www.laboratoriolambda.com

RESULTADO DE ANÁLISIS # 456,710



**---RESULTADO DE ANÁLISIS QUÍMICO---**

**FECHA:** 09 NOVIEMBRE DE 2018.

**SOLICITANTE:** INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

**ATENCIÓN:** Sra. LUPITA VARGAS

**REFERENCIA:** MUESTRAS DE MADERA, RECIBIDA POR EL LABORATORIO QUÍMICO LAMBDA EL DÍA 01 DE NOVIEMBRE DE 2018.

<b>MUESTRA:</b>	<b>COBRE (Cu)</b>
COLUMNA/ECO-HOUSES/14-08-18.....	1 349 mg/m <sup>3</sup>
PINO AMARILLO/COLUMNA 4X4/SOMABACU/30-09-18.....	1 291 mg/m <sup>3</sup>
PASAMANOS DE ESCALERA/ECO-HOUSES/14-08-18.....	2 137 mg/m <sup>3</sup>
CERCHA/ECO-HOUSES/14-08-18.....	3 866 mg/m <sup>3</sup>

**OBSERVACIONES:**

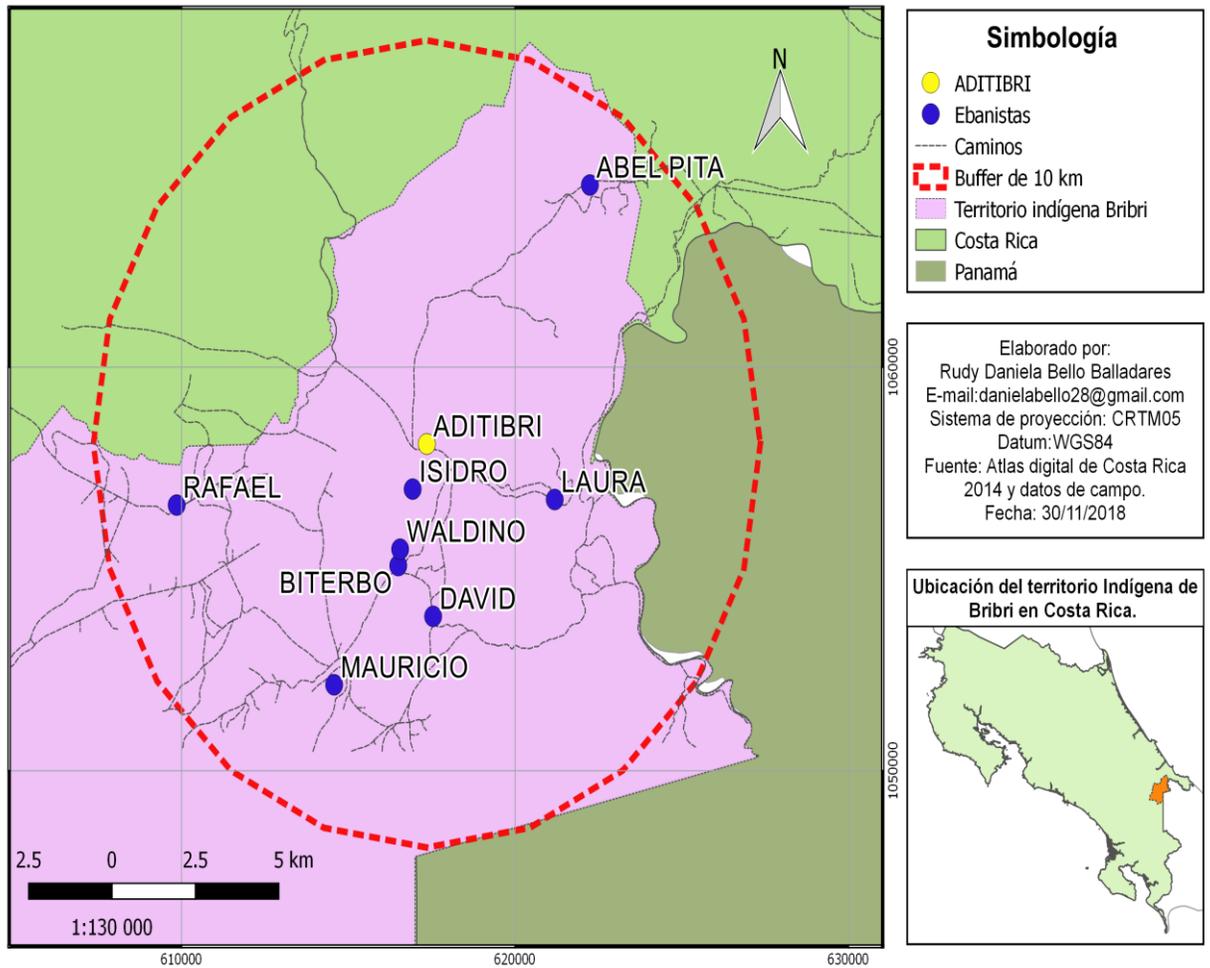
- MÉTODOS ANALÍTICOS: ESPECTROSCOPÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA.
- DIGITADO POR: ags.
- MUESTRA CÓDIGO LAMBDA: 5380-T01 A T04.

  
RAFAEL AMÓN PÉREZ  
N.I. COCR-537

**NOTA:** Refiérase al código Lambda de esta muestra para cualquier consulta.  
Resultados de análisis válidos únicamente para las muestras enviadas al Laboratorio por el interesado.

**Anexo 10.** Mapa de distribución de nueve ebanistas evaluados en ADITIBRI  
Talamanca, Limón, Costa Rica.

**Ubicación de nueve ebanistas evaluados con la metodología de evaluación de la calidad de la madera para viviendas de interés social en Talamanca, Limón, Costa Rica.**



**Anexo 11. Especificaciones de dimensiones suministradas por la Asociación de Desarrollo Integral Territorio Indígena de Bibri.**

 <b>ASOCIACION DE DESARROLLO INTEGRAL TERRITORIO INDÍGENA BRIBRI-TALAMANCA</b> R.B.A.(ADITIBRI)P.I.L.A. Suretka; Talamanca, Limón, C.R. / Ced. Jurídica N° 3-002-084709 / Telefax: 2711-1667- 2710 – 0844 <a href="mailto:aditibri04@yahoo.com">aditibri04@yahoo.com</a> 									
FACTURA PROFORMA DE MADERA PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDA DE INTERES SOCIAL									
DIMENSION				45 m2					
GROSOR			LARGO	ESPECIE	CANTIDAD	CUBICA	POSICION DE LA MADERA	PRECIO POR PULGADA	TOTAL
5X5	125	125	340	Laurel sin sepillo	6	150	VIGAS LARGAS	600	90000
5x5	125	125	300	Laurel sin sepillo	6	133	VIGAS CORTAS	600	79800
2x4	50	100	390	Laurel sin sepillo	10	93	CADERNILLO LARGO	600	55800
2x4	50	100	290	Laurel sin sepillo	10	70	CADERNILLO CORTO	600	42000
3X3	75	75	250	Laurel con Sepillo	12	81	ESQUINEROS	600	48600
2x3	50	75	336	Laurel con Sepillo	15	90	CORONA	600	54000
2X3	50	75	250	Laurel con Sepillo	100	450	PARALES CLAVADORES	600	270000
2X4	50	100	410	Laurel sin Sepillo	15	146,5	ARTEZON Y CABALLETE	600	87900
1x6	25	150	310	Laurel con Sepillo	111	614,5	TABLA DE PISO	640	393280
1/2X 5	12,5	125	250	Laurel con Sepillo	360	675	FORRO	1080	729000
1/2X5	25	125	250	Laurel con Sepillo	230	431,25	CIELO RAZO	1080	465750
1X4	25	100	410	Laurel sin sepillo	20	100	CLAVADORES DE	600	60000
1X4	25	100	250	Laurel con Sepillo	65	195	MARCOS VENTA	600	117000
2X10	50	250	250	Laurel con Sepillo	4	60	RAMPAS	600	36000
2X10	50	250	110	Laurel con Sepillo	10	75	PELDAÑOS	600	45000
1/2X2	12,5	50	250	Laurel con Sepillo	100	150	PETATILLO	585	87750
1X1	25	25	250	Laurel con Sepillo	50	37,5	VENILLA	585	21937,5
3/4X69	18,75	150	336	Laurel con Sepillo	10	60	PRESINTA	640	38400
					1134		<b>total</b>		<b>2722217,5</b>



**ASOCIACION DE DESARROLLO INTEGRAL  
TERRITORIO INDÍGENA BRIBRI-TALAMANCA  
R.B.A.(ADITIBRI)/P.I.L.A.**



**Suretka; Talamanca, Limón, C.R. / Ced. Jurídica N°.3-002-084709 / Telefax:  
2711-1667- 2710 – 0844 [aditibri04@yahoo.com](mailto:aditibri04@yahoo.com)**

FACTURA PROFORMA DE MADERA PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDA DE INTERES SOCIAL

DIMENSION 50 m2

GROSOR (pulgadas)	cm	cm	LARGO	ESPECIE	CANTIDAD	CUBICA	POSICION DE LA MADERA	PRECIO POR PULGADA	TOTAL
5X5	125	125	400	Laurel sin sepillo	6	187,5	VIGAS LARGAS	600	112500
5x5	125	125	350	Laurel sin sepillo	6	156,3	VIGAS CORTAS	600	93780
2x4	50	100	420	Laurel sin sepillo	13	130	CADERNILLO LARGO	600	78000
2x4	50	100	300	Laurel sin sepillo	10	70	CADERNILLO CORTO	600	42000
3X3	75	75	250	Laurel con Sepillo	15	101,25	ESQUINEROS	600	60750
2x3	50	75	378	Laurel con Sepillo	20	135	CORONA	600	81000
2X3	50	75	250	Laurel con Sepillo	120	540	PARALES CLAVADORES	600	324000
2X4	50	100	462	Lurel sin Sepillo	20	220		600	132000
1x6	25	150	325	Laurel con Sepillo	130	780	TABLA DE PISO	640	499200
1/2X 5	12,5	125	250	Laurel con Sepillo	396	742,5	FORRO	1080	801900
1/2X5	12,5	125	250	Laurel con Sepillo	261	490	CIELO RAZO	1080	529200
1X4	25	100	425	Laurel sin sepillo	28	140	CLAVADORES DE	600	84000
1X4	25	100	250	Laurel con Sepillo	80	240	MARCOS VENTA	600	144000
2X10	50	250	250	Laurel con Sepillo	4	60	RAMPAS	600	36000
2X10	50	250	110	Laurel con Sepillo	10	75	PELDAÑOS	600	45000
1/2X2	12,5	50	250	Laurel con Sepillo	150	225	PETATILLO	585	131625
1X1	25	25	250	Laurel con Sepillo	50	37,5	VENILLA	585	21937,5
3/4X69	18,75	150	336	Laurel con Sepillo	12	72	PRESINTA	640	46080
					1331		<b>total</b>		<b>3262972,5</b>



**Anexo 13. Resultados de análisis químico realizado por LAMBDA para retención de  
persevante en *Cordia alliodora*.**



Tels.: 2286-1168 / 2226-4462 • Fax: (506) 2226-4462 • Apartado: 877-1011 San José, Costa Rica  
e-mail: lambda@racsa.co.cr • www.laboratoriolambda.com

RESULTADO DE ANÁLISIS # 452,056-1



**---RESULTADO DE ANÁLISIS QUÍMICO---**

**FECHA:** 25 SETIEMBRE DE 2018.

**SOLICITANTE:** INSTITUTO TECNOLÓGICO  
DE COSTA RICA

**ATENCIÓN:** Sra. LUPITA VARGAS

**REFERENCIA:** MUESTRAS DE MADERA, RECIBIDA POR EL LABORATORIO QUÍMICO LAMBDA EL  
DÍA 11 DE SETIEMBRE DE 2018.

<b>MUESTRA:</b>	<b>COBRE (Cu)</b>	<b>CROMO (Cr)</b>
TALLER DAVID, FECHA: 28/08/18, PELDAÑO 2X10 (SURETKA).....	4 649 mg/m <sup>3</sup>	3 330 mg/m <sup>3</sup>
TALLER PAI, FECHA: 29/08/18, FORRO 1/2 X 5 (SURETKA).....	14 032 mg/m <sup>3</sup>	17 250 mg/m <sup>3</sup>
TALLER DAVID, FECHA: 28/08/18, VIGA LARGA 5X5 (SURETKA).....	MENOR A 0,1 mg/m <sup>3</sup>	MENOR A 0,1 mg/m <sup>3</sup>
TALLER DAVID, FECHA: 28/08/18, CADENILLO CORTO 2X4 (SURETKA).....	850 mg/m <sup>3</sup>	MENOR A 0,1 mg/m <sup>3</sup>
TALLER ASOCIACION SURETKA, FECHA: 29/08/18, CORONA 2X3.....	MENOR A 0,1 mg/m <sup>3</sup>	MENOR A 0,1 mg/m <sup>3</sup>
TALLER ASOCIACION SURETKA, FECHA: 29/08/18, PARALES CLAVADORES 2X3.....	1 747 mg/m <sup>3</sup>	MENOR A 0,1 mg/m <sup>3</sup>
TALLER ASOCIACION SURETKA, FECHA: 29/08/18, MARCO VENTANAS Y PUERTAS 1X4.....	920 mg/m <sup>3</sup>	MENOR A 0,1 mg/m <sup>3</sup>
TALLER PAI, FECHA: 29/08/18, TABLA DE PISO 1X6 (SURETKA).....	1 548 mg/m <sup>3</sup>	MENOR A 0,1 mg/m <sup>3</sup>

**OBSERVACIONES:**

- MÉTODOS ANALÍTICOS: ESPECTROSCOPÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA.
- DIGITADO POR: ags.
- MUESTRA CÓDIGO LAMBDA: 3423-T01 A T08.



**NOTA:** Refiérase al código Lambda de esta muestra para cualquier consulta.  
Resultados de análisis válidos únicamente para las muestras enviadas al Laboratorio por el interesado.

**Anexo 14.** Resultados de p-value con prueba de Shapiro-wilks en nueve ebanistas de ADITIBRI, Limón, Costa Rica.

<u>Ebanista</u>	<u>Variable</u>	<u>n</u>	<u>Media</u>	<u>D.E.</u>	<u>W*</u>	<u>p(Unilateral D)</u>
Abel Pita	C_humedad	54	17.80	3.75	0.97	0.4880
Asociacion	C_humedad	27	28.06	4.75	0.94	0.3891
Biterbo	C_humedad	37	29.34	4.46	0.95	0.3453
David	C_humedad	57	22.99	3.88	0.98	0.7421
Isidro	C_humedad	26	30.95	2.61	0.95	0.4644
Laura	C_humedad	53	23.52	2.95	0.97	0.5904
Mauricio	C_humedad	22	30.22	2.58	0.92	0.1716
Rafael	C_humedad	67	28.42	4.47	0.95	0.0970
Waldino	C_humedad	32	24.85	5.52	0.95	0.4522

**Anexo 15.** Resultado de p-value en la prueba de análisis de varianza del Contenido de humedad para nueve ebanistas de ADITIBRI, Limón, Costa Rica.

Análisis de la varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>c</sup></u>	<u>R<sup>c</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
C humedad	375	0.52	0.51	15.83

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	6336.77	8	792.10	48.96	<0.0001
Ebanista	6336.77	8	792.10	48.96	<0.0001
Error	5920.91	366	16.18		
Total	12257.67	374			

**Anexo 16.** Resultados de comparación con prueba Tukey del Contenido de humedad en nueve ebanistas de ADITIBRI, Limón, Costa Rica.

```

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.94160
Error: 16.1773 gl: 366

```

Ebanista	Medias	n	E.E.		
Abel Pita	17.80	54	0.55	A	
David	22.99	57	0.53		B
Laura	23.52	53	0.55		B
Waldino	24.85	32	0.71		B
Asociacion	28.06	27	0.77		C
Rafael	29.42	67	0.49		C
Biterbo	29.34	37	0.66		C
Mauricio	30.22	22	0.86		C
Isidro	30.95	26	0.79		C