

UNIVERSIDAD NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y EL MAR
ESCUELA DE CIENCIAS AMBIENTALES

Madera aserrada de *Terminalia amazonia* (J.F. Gmel) “Amarillón”:

Estandarización para uso en la construcción.

Trabajo final de Graduación para optar al grado de licenciatura en Ingeniería en Ciencias Forestales , con énfasis en Manejo Forestal.

Modalidad Proyecto de Graduación

Presentado por: Ing. Kendall Navarro Zumbado

Heredia, Costa Rica.

2024

Trabajo de graduación sometido a consideración del Tribunal Examinador de la Escuela de Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional para optar al grado de Licenciatura en Ciencias Forestales con énfasis en Manejo Forestal.

Dra. Lilliam Quirós Arias,
Decana
Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar

M.Sc. Melissa Blandón Naranjo
Directora
Escuela de Ciencias Ambientales

Lic. Sergio Chacón Marín
Tutor

M.Sc. Ricardo Lujan Ferrer
Lector

MBA. Gerardo A. Abarca Porras
Lector

M.Sc. Marilyn Rojas Vargas
Lectora

MAP. Kendall Navarro Zumbado
Candidato

INDICE

RESUMEN EJECUTIVO	1
1. INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN	3
2. OBJETIVOS	5
2.1 Objetivo general	5
2.2 Objetivos específicos	5
3. MARCO TEÓRICO	5
3.1 La madera en la construcción.	5
3.2 Productos en competencia con la madera y demanda potencial de la madera en la construcción	6
3.3 La industria de aserrío forestal en el país	7
3.4 La calidad en los productos forestales en el mercado	7
3.5 Las normas de calidad nacionales en madera aserrada	8
3.5.1 Otras normas de calidad en países con cultura forestal	9
3.6 Propiedades y características de la madera	10
3.6.1 Propiedades físicas de la madera	10
3.6.2 Propiedades físico-mecánicas de la madera	12
3.7 Agentes destructores de la madera	13
3.8 Preservación de la madera	13
3.8.1 Tipos de preservantes	16
3.10 El secado de la madera	16
3.11 Propiedades de la madera aserrada de <i>T. amazonia</i>.	17
3.11.1 Propiedades físicas	17
3.11.2 Propiedades mecánicas	18
3.11.3 Preservación de la madera y tratamiento de inmersión-difusión	19
3.11.4 Durabilidad de la madera	19
4. MARCO METODOLÓGICO	20
4.1 Enfoque de investigación y tipo de estudio	20

4.2	Revisión bibliográfica	20
4.3	Entrevistas con expertos	20
4.4	Sitio de procesamiento de la madera	20
4.5	Selección de la población y muestra de estudio	21
4.6	Ámbito del estudio	23
4.7	Proceso de evaluación Norma INTE C100:2020	28
4.8	Proceso de preservación y retención del preservante para el apoyo de las normas INTECO	28
4.8.1	Método del mecanismo de inmersión en el preservante	28
4.8.2	Método de difusión en las piezas	29
4.8.3	Método de evaluación del preservante (% penetración y retención de Boro)	30
4.9	Instrumentos de medición utilizados.	32
4.10	Almacenamiento de datos de campo.	33
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	33
5.1	Resultados generales en la aplicación de las normas (Pisos, Clavadores, Vigas) INTE C99:2014 y INTE C100:2020, para la madera verde.	34
5.2	Resultados específicos en la aplicación de las normas en piso de 25 mm G, 100 mm A de 2520 y 3360 mm de largo, INTE C99:2014 para madera verde.	36
5.3	Resultados específicos en la aplicación de las normas en piso de 31 mm G, 125 mm A en 2520 mm y 3360 mm de largo, INTE C99:2014 para madera verde.	40
5.4	Resultados específicos en la aplicación de las normas en viga de 50 mm G, 100 mm A y 3360 de largo, INTE C100:2020 para madera verde.	43
5.5	Resultados específicos en la aplicación de las normas en clavador de 50 mm G, 75 mm A y 3360 de largo, INTE C100:2020 para madera verde.	45
5.6	Resultados generales en la aplicación de las normas (Pisos, Clavadores, Vigas), INTE C99:2014 y INTE C100:2020, para madera seca.	47
5.7	Resultados específicos de evaluación en piso de 25 mm de espesor, 100 mm ancho y 2520 mm de largo (seco).	55
5.8	Resultados específicos de evaluación en piso de 25 mm de espesor, 100 mm ancho y 3360 mm de largo (seco).	57
5.9	Resultados específicos de evaluación en piso de 31 mm de espesor, 125 mm ancho y 2520 mm de largo (seco).	60

5.10 Resultados específicos de evaluación en piso de 31 mm de espesor, 125 mm ancho y 3360 mm de largo (seco).	63
5.11 Resultados aplicación de las normas INTE C100:2020 para productos estructurales (Vigas y Clavadores) madera seca.	66
5.12 Resultados específicos de evaluación en vigas sin cepillo de 50 mm de espesor, 100 mm de ancho y 3360 mm de largo.	66
5.13 Resultados específicos de evaluación en vigas con cepillo de 50 mm de espesor, 100 mm de ancho y 3360 mm de largo.	70
5.14 Resultados específicos de evaluación en clavadores sin cepillo de 50 mm de espesor, 75 mm de ancho y 3360 mm de largo.	75
5.15 Resultados específicos de evaluación en clavadores con cepillo de 50 mm de espesor, 75 mm de ancho y 3360 mm de largo.	79
5.16 Resultados del proceso de preservación por inmersión – difusión con sales de boro.	82
5.17.1 Resultados de penetración por colorimetría.	82
5.17.2 Resultados Grupo M.	82
5.17.3 Resultados Grupo B.	85
5.17.4 Resultados de porcentaje de retención de sales de boro mediante método de análisis químico en laboratorio, protección contra xilófagos en la madera.	88
5.17 Reflexiones finales.	89
6. CONCLUSIONES	91
7. RECOMENDACIONES	93
9. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA	94
10. ANEXOS	103
ANEXO 1. VOLUMEN COMERCIAL DE LAS TROZAS EN CAMPO, DESPUÉS DE DERRIBO.	103

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Resumen de las normas técnicas para madera aserrada de uso general y uso estructural...	9
Cuadro 2. Normas en otros países para el sistema constructivo en madera.....	9
Cuadro 3. Definición de las cualidades físico - mecánicas de la madera	12
Cuadro 4. Reactivos utilizados para la evaluación de penetración colorimétrica con sales de boro .	16
Cuadro 5. Propiedades físicas de densidad y peso específico de madera <i>T. amazonia</i> proveniente de plantaciones forestales	18
Cuadro 6. Propiedades físicas de contracción determinadas para la especie <i>T. amazonia</i> de origen de plantaciones forestales	18
Cuadro 7. Propiedades mecánicas de la <i>T. amazonia</i> de acuerdo a la literatura consultada.....	19
Cuadro 8. Dimensiones nominales de las piezas evaluadas en condición seca para la aplicación de las normas de calidad	22
Cuadro 9. Instrumentos utilizados para medición. Elaboración propia con referencia a los elementos indicados en la Norma C99:2014.....	32
Cuadro 10. Resultados de la evaluación de los grupos de producto en condición verde de acuerdo a la norma INTE C99:2014.....	36
Cuadro 11. Resumen de resultados de grueso y ancho por grupo de productos evaluados con la Norma INTE C99:2014, madera aserrada <i>T. amazonia</i> (Amarillón) de plantación de 26 años. (1er Trimestre 2022, madera seca)	51
Cuadro 12. Promedio de porcentaje de humedad final por grupo de producto a 30 días de proceso con secado natural. Elaboración propia	54
Cuadro 13. Clasificación por calidad en ancho para piso 25 mm de espesor, 100 mm ancho y 2520 mm de largo (seco), <i>T. amazonia</i> . (1er trimestre de 2022, Palmares de Pérez Zeledón).....	57
Cuadro 14. Clasificación por calidad en ancho para piso 25 mm de espesor, 100 mm ancho y 3360 mm de largo (seco), <i>T. amazonia</i> . (1er trimestre de 2022, Palmares de Pérez Zeledón).....	60
Cuadro 15. Clasificación por calidad en ancho para piso 31 mm de espesor, 125 mm ancho y 2520 mm de largo (seco), <i>T. amazonia</i> . (1er trimestre de 2022, Palmares de Pérez Zeledón).....	62
Cuadro 16. Clasificación por calidad en ancho para piso 31 mm de espesor, 125 mm ancho y 3360 mm de largo (seco), <i>T. amazonia</i> . (1er trimestre de 2022, Palmares de Pérez Zeledón).....	65
Cuadro 17. Resumen de evaluación de Vigas sin cepillo de 50 mm de espesor, 100 mm de ancho y 3360 mm de largo	67
Cuadro 18. Resumen de evaluación de Vigas con cepillo de 50 mm de espesor, 100 mm de ancho y 3360 mm de largo	71
Cuadro 19. Resumen de evaluación de clavadores sin cepillo de 50 mm de espesor, 75 mm de ancho y 3360 mm de largo	75
Cuadro 20. Resultados resumen de evaluación de clavadores con cepillo de 50 mm de espesor, 75 mm de ancho y 3360 mm de largo.....	80
Cuadro 21. Muestras de resultados de colorimetría con Sales de Boro en muestras “M” en la especie <i>T. amazonia</i> , 30 días en proceso de difusión	84
Cuadro 22. Resultados de evaluación de colorimetría con Sales de Boro en muestras Grupo B. en la especie <i>Terminalia amazonia</i> , a 30 días en proceso de difusión. Elaboración propia	86
Cuadro 23. Determinación de concentración por retención de Sales de Boro, en laboratorio de 8 muestras con distintas dimensiones, en <i>Terminalia amazonia</i> , con 30 días de difusión.....	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Defectos de la madera: A). Arqueamiento, B). Encorvadura, C). Acanalado, D). Torcedura	8
Figura 2. Direcciones en las que crecen las estructuras internas de la madera	11
Figura 3. Métodos de preservación de la madera por sistemas de tratamiento.....	14
Figura 4. Sistema de inmersión de madera con sistema hidráulico de levantamiento	15
Figura 5. Sistema de tratamiento de preservación con sistema de vacío-presión	15
Figura 6. Equipo de aserrío de sierra de cinta de diámetros grueso tradicional en Costa Rica.	21
Figura 7. Metodología de trabajo para la aplicación de las normas de calidad INTE C99:2014, INTE C100:2020 y evaluación de <i>T. amazonia</i> proveniente de la empresa BARCA S.A. Proceso general	24
Figura 8. Proceso de aserrado de madera y separación de las muestras para la evaluación y aplicación de las normas	25
Figura 9. (1) Apilado de muestras para secado al natural con separadores horizontales, (2) Medición de humedad a los 30 días de proceso	25
Figura 10. Puntos a evaluar para determinar la dimensión de la pieza (ancho, espesor, largo) y contenido de humedad de la madera según Norma INTE C99:2014. (L: largo, A: ancho, E: espesor)	26
Figura 11. Forma de mediciones de las piezas evaluadas de <i>T. amazonia</i>	27
Figura 12. Proceso para la preparación del producto preservante e inmersión de la madera	29
Figura 13. Proceso de inmersión de la madera para el tratamiento en sales de boro, y proceso de difusión en dos pilas por un periodo de 30 días.....	29
Figura 14. Proceso para la difusión de la madera post inmersión.....	30
Figura 15. Medición de penetración de las sales de boro en el perfil de muestra de la madera aserrada	31
Figura 16. Proceso realizado para la evaluación por método colorimétrico y toma de muestra para envío a laboratorio en determinación de la concentración de boro.....	31
Figura 17. Condición natural de las trozas de <i>T. amazonia</i> en el que presenta rajaduras naturales en los extremos.	34
Figura 18. Resultado de la evaluación del grueso de 25 mm G en 3 puntos de la pieza con 2520 mm de largo, para obtención de piso de <i>T. amazonia</i> de plantación con 26 años. 1er trimestre 2022. Madera verde.....	37
Figura 19. Resultado de la evaluación del grueso de 25 mm G en 3 puntos de la pieza con 3360 mm de largo, para obtención de piso de <i>T. amazonia</i> de plantación con 26 años. 1er trimestre 2022. Madera verde.....	38
Figura 20. Resultado de la evaluación del ancho de 100 mm A en 3 puntos de la pieza con 2520 mm de largo, para obtención de piso de <i>T. amazonia</i> de plantación con 26 años. 1er trimestre 2022. Madera verde.....	39
Figura 21. Resultado de la evaluación del ancho de 100 mm A en 3 puntos de la pieza con 3360 mm de largo, para obtención de piso de <i>T. amazonia</i> de plantación con 26 años. 1er trimestre 2022. Madera verde.....	39
Figura 22. Resultado de la evaluación del grueso de 31 mm G en 3 puntos de la pieza con 2520 mm de largo, para obtención de piso de <i>T. amazonia</i> de plantación con 26 años. Madera verde	41
Figura 23. Resultado de la evaluación del grueso de 31 mm G en 3 puntos de la pieza con 3360 mm de largo, para obtención de piso de <i>T. amazonia</i> de plantación con 26 años. Madera verde	41

Figura 25. Resultado de la evaluación del ancho de 125 mm A en 3 puntos de la pieza con 2520 mm de largo, para obtención de piso de <i>T. amazonia</i> de plantación con 26 años. Madera verde	42
Figura 26. Resultado de la evaluación del ancho de 125 mm A en 3 puntos de la pieza con 3360 mm de largo, para obtención de piso de <i>T. amazonia</i> de plantación con 26 años. Madera verde	42
Figura 27. Defecto de rajadura más frecuente encontrado después del aserrado de la madera en piezas de 31 mm grueso, y 125 mm de ancho.	43
Figura 28. Resultado de la evaluación del ancho de 50 mm A en 3 puntos de la pieza con 3360 mm de largo, para obtención de piso de <i>T. amazonia</i> de plantación con 26 años. Madera verde	44
Figura 29. Resultado de la evaluación del ancho de 50 mm A en 3 puntos de la pieza con 3360 mm de largo, para obtención de piso de <i>T. amazonia</i> de plantación con 26 años. Madera verde	44
Figura 30. Madera recién aserrada sin defectos visibles.....	45
Figura 31. Resultado de la evaluación del espesor de 50 mm en 3 puntos de la pieza con 3360 mm de largo, para obtención de clavador de <i>T. amazonia</i> de plantación con 26 años. Madera verde	46
Figura 32. Resultado de la evaluación del ancho de 75 mm en 3 puntos de la pieza con 3360 mm de largo, para obtención de clavador de <i>T. amazonia</i> de plantación con 26 años. Madera verde	46
Figura 34. Xilófago del género <i>Líctidos</i> localizado en algunas piezas evaluadas del grupo de pisos	52
Figura 35. Evaluación del contenido de humedad para 291 piezas medidas para la especie <i>Terminalia amazonia</i> , con 30 días de secado al natural. (1er trimestre de 2022, Palmares de Pérez Zeledón)	53
Figura 36. Resultado de la evaluación del grueso de 25 mm en 3 puntos de la pieza con 2520 mm de largo, para piso de <i>T. amazonia</i> de plantación con 26 años. (1er trimestre de 2022, Palmares de Pérez Zeledón)	56
Figura 37. Resultado de la evaluación del ancho de 100 mm en 3 puntos de la pieza con 2520 mm de largo, para piso de <i>T. amazonia</i> de plantación con 26 años. (1er trimestre de 2022, Palmares de Pérez Zeledón)	56
Figura 38. Resultado de la evaluación del grosor de 25 mm en 3 puntos de la pieza con 3360 mm largo, para piso de <i>T. amazonia</i> de plantación con 26 años. (1er trimestre de 2022, Palmares de Pérez Zeledón)	58
Figura 39. Vista de pieza por el canto para piso, para notar la forma de “barril”	58
Figura 40. Resultado de la evaluación del ancho de 100 mm en 3 puntos de la pieza con 3360 mm de largo, para piso de <i>T. amazonia</i> de plantación con 26 años. (1er trimestre de 2022, Palmares de Pérez Zeledón)	59
Figura 41. Resultado de la evaluación del grueso de 31 mm en 3 puntos de la pieza con 2520 mm de largo, para piso de <i>T. amazonia</i> de plantación con 26 años. (1er trimestre de 2022, Palmares de Pérez Zeledón)	61
Figura 42. Resultado de la evaluación del ancho 125 mm en 3 puntos de la pieza con 2520 mm de largo, para piso de <i>T. amazonia</i> de plantación con 26 años. (1er trimestre de 2022, Palmares de Pérez Zeledón)	62
Figura 43. Resultado de la evaluación del grueso de 31 mm en 3 puntos de la pieza con 3360 mm de largo, para piso de <i>T. amazonia</i> de plantación con 26 años. (1er trimestre de 2022, Palmares de Pérez Zeledón)	63
Figura 44. Resultado de la evaluación del ancho 125 mm en 3 puntos de la pieza con 3360 mm de largo, para piso de <i>T. amazonia</i> de plantación con 26 años. (1er trimestre de 2022, Palmares de Pérez Zeledón)	64

Figura 45. Evaluación del espesor en vigas de 50 mm en 3 puntos de la pieza con 3360 mm de largo, para piso de <i>T. amazonia</i> de plantación con 26 años. (1er trimestre de 2022, Palmares de Pérez Zeledón)	68
Figura 46. Evaluación del ancho en vigas de 100 mm en 3 puntos de la pieza con 3360 mm de largo, para piso de <i>T. amazonia</i> de plantación con 26 años. 1er trimestre 2022.....	68
Figura 47. Valoración de la resistencia a la flexión vigas de 50 mm de grueso 100 mm de ancho según la Norma INTE C100:2020, para piso de <i>T. amazonia</i> de plantación con 26 años. 1er trimestre 2022	69
Figura 48. Evaluación del espesor (grosor) en vigas de 50 mm en 3 puntos de la pieza con 3360 mm de largo, para piso de <i>T. amazonia</i> de plantación con 26 años. 1er trimestre 2022.....	71
Figura 49. Evaluación del ancho en vigas de 100 mm en 3 puntos de la pieza con 3360 mm de largo, para piso de <i>T. amazonia</i> de plantación con 26 años. 1er trimestre 2022.....	72
Figura 50. Valoración de la resistencia a la flexión vigas con cepillo de 50 mm de grueso 100 mm de ancho según la Norma INTE C100:2020, para piso de <i>T. amazonia</i> de plantación con 26 años. 1er trimestre 2022	73
Figura 51. Evaluación del espesor en clavadores sin cepillo de 50 mm de espesor, 75 mm de ancho y 3360 mm de largo en 3 puntos de la pieza, para piso de <i>T. amazonia</i> de plantación con 26 años. 1er trimestre 2022	76
Figura 52. Evaluación del ancho en clavadores sin cepillo de 50 mm de espesor, 75 mm de ancho y 3360 mm de largo en 3 puntos de la pieza, para piso de <i>T. amazonia</i> de plantación con 26 años. (1er trimestre de 2022, Palmares de Pérez Zeledón)	77
Figura 53. Resultado de la evaluación de los defectos más frecuentes en clavadores sin cepillo de 50 mm en 3 puntos de la pieza con 3360 mm de largo, para piso de <i>T. amazonia</i> de plantación con 26 años. 1er trimestre 2022	78
Figura 54. Valoración de la resistencia a la flexión clavadores sin cepillo de 50 mm de espesor, 75 mm de ancho y 3360 mm de largo, según Norma INTE C100:2020, en <i>T. amazonia</i> de plantación con 26 años. (1er trimestre de 2022, Palmares de Pérez Zeledón)	79
Figura 55. Evaluación del espesor en clavadores sin cepillo de 50 mm de espesor, 75 mm de ancho y 3360 mm de largo en 3 puntos de la pieza, para piso de <i>T. amazonia</i> de plantación con 26 años. 1er trimestre 2022	80
Figura 56. Evaluación del ancho en clavadores con cepillo de 50 mm de espesor, 75 mm de ancho y 3360 mm de largo en 3 puntos de la pieza, para piso de <i>T. amazonia</i> de plantación con 26 años. (1er trimestre de 2022, Palmares de Pérez Zeledón)	81
Figura 57. Evaluaciones de colorimetría con Sales de Boro, Grupo M (2 medidas) en 6 fechas de medición, para la especie <i>T. amazonia</i> . 30 días en difusión.	83
Figura 58. Evaluaciones de colorimetría con Sales de Boro, Grupo B (2 medidas) en 6 fechas de medición, para la especie <i>T. amazonia</i> . 30 días en difusión	85

Resumen ejecutivo

El material de evaluación utilizado fue la especie forestal *Terminalia amazonia* (cc Amarillón o Roble Coral), proveniente de plantación forestal del pacífico central de Costa Rica, con edad de 26 años proporcionado por la empresa BARCA S.A. El cual ha sido una de las especies estudiadas por su alto potencial de adaptación a suelos ácidos (tipo Ultisoles) los cuales cubren gran parte del país hasta un 46,8% (INTA, 2016), así como su buen crecimiento y calidad de madera como elemento constructivo.

La industria forestal primaria en donde se efectuó el estudio se dedica a la transformación de la madera en rollo, localizada en Palmares de Pérez Zeledón, en el cantón de la provincia de San José, Costa Rica. Esta industria llamada Aserradero S&Q es propiedad del empresario Elmer Sánchez y cuenta con una sierra de cinta vertical de corte tradicional ideal para procesar madera de dimensiones gruesas.

El proyecto se centró en la implementación de los procedimientos por el método de evaluación visual y determinación de parámetros mínimos establecidos en las Normas INTE C99:2014 Madera de uso General, INTE C100:2020 Madera de Uso Estructural, así como la Norma INTECO C98:2018 para la terminología de las maderas. La madera se sometió a valoración de preservación en sales de boro y al método de secado natural por 30 días.

En el proceso de evaluación según la Norma INTE C99:2014, se evaluaron dimensiones (grosso, ancho y largo), humedad y defectos de la madera, tanto en su estado verde como seca. Se utilizaron instrumentos de medición precisos, como calibradores vernier, higrómetros y flexómetros. En relación a la evaluación según la Norma INTE C100:2020, se recolectaron adicionalmente datos específicos sobre los defectos de las vigas estructurales en su estado verde y seca en nudos, rajaduras y grados de inclinación del hilo.

Se encontró que la mayoría de las piezas evaluadas no cumplieron con los estándares establecidos en la norma INTE C99:2014. Específicamente, el grosor de las piezas para piso, el 77% no cumplieron las dimensiones requeridas al presentar promedios aritméticos alejados de los valores nominales, aunque con valores de desviaciones estándar reducidos, esto impide el ingreso a las clasificaciones de calidad propuestos en la norma. Además, se identificaron diversos defectos predominantes en la madera, como rajaduras promedio de 350 mm de largo en los extremos, en menor frecuencia nudos y la corteza por la falta de cumplimiento dimensional principalmente, que afectaban negativamente su calidad.

En el caso de la madera estructural con la norma INTE C100:2020, los resultados fueron más favorables, ya que el 100% de las piezas cumplían con los estándares dimensionales establecidos. Sin

embargo, se observaron de igual forma defectos que afectan su resistencia estructura tales como rajaduras (que debilitan hasta 50% su resistencia por factor de seguridad), pequeñas grietas y nudos, estos últimos produjeron una reducción entre 30% o 70% de resistencia estructural según el tamaño en la cara de la pieza donde se presentaron, en general, la calidad de la madera se consideró aceptable y subsanable con la posibilidad de cortar extremos con rajaduras para mejorar su clasificación de calidad.

En la preservación, con una solución preservante con ácido bórico y coadyuvantes, el piso alcanzó el 100% de penetración y la madera estructural en al menos el 50% en todas las muestras en los 30 días de medición, se evaluó el porcentaje de penetración y retención del boro mediante métodos colorimétricos y análisis de laboratorio, se encontró que la solución preservante utilizada logró una buena penetración y retención. Los análisis de laboratorio mostraron niveles adecuados de preservación de $0,82 \text{ g /m}^3 \text{ B}_2\text{O}_3$, en pisos y de $0,92 \text{ kg /m}^3 \text{ B}_2\text{O}_3$ en vigas estructurales, lo cual puede aumentar el valor agregado para la durabilidad y resistencia de la madera en diferentes aplicaciones de la construcción.

El secado natural logró un contenido de humedad menor o igual ($\leq 19\%$) en el 62% alcanzó esa reducción, el 38% entre 20 a 25% de contenido de humedad final al final de 30 días en proceso.

El estudio demuestra la importancia de aplicar las normas de calidad en la evaluación de la madera, tanto en su estado verde como seca, y en el proceso de preservación. Los resultados obtenidos proporcionan información valiosa para la industria, los profesionales relacionados con el sector forestal y por supuesto de la construcción. Se recomienda continuar promoviendo y mejorando las prácticas de evaluación de la calidad de la madera, con el fin de garantizar su adecuado uso y contribuir al desarrollo sostenible de la industria maderera.

1. Introducción y justificación

A lo largo de la historia de la humanidad, la madera ha sido un recurso constante en la construcción, ya sea como material principal en la edificación o como elemento esencial en acabados. Su atractivo estético y su versatilidad lo convierten en una elección insustituible, y sigue siendo ampliamente preferido por los consumidores. Hoy en día, los materiales alternativos, como el acero y el hormigón, que se utilizan comúnmente en la construcción, están siendo objeto de un escrutinio creciente debido a su impacto ambiental. Se les cuestiona por ser contaminantes, generar desechos y requerir considerables cantidades de energía y agua en su producción, además de que no son recursos renovables. Los aspectos medioambientales relacionados con estos materiales han suscitado preocupaciones significativas en la industria de la construcción.

En el año 2011, la madera como componente constructivo en las casas de América Latina representó el 7% en techos, 4% para pisos y 11% en las paredes (FAO, 2014). En Costa Rica, de 1,211,964 viviendas, el 13% poseía paredes externas en madera, el 11% utilizó el tipo zócalo y el 8% lo usó en pisos (Santamaría et al., 2015). Las nuevas tendencias de economía circular y construcciones verdes resaltan que 'la madera es un material de origen vegetal, disponible en grandes cantidades, más accesible que el acero o el plástico y es fácil de producir, por lo que es un material extraordinario para la economía circular' (Madera y Economía Circular, 2019).

Por otro lado, desde el año 1990 el país estimuló la reforestación con plantaciones forestales y SAF (Barrantes, 2014). Sin embargo, no existían normas técnicas con el enfoque de calidad para evaluar la madera industrializada producto de estas plantaciones. Para el año 2018, se completó una serie de documentos normativos elaborados como la “Guía para identificar cuál madera es realmente de calidad y cuál no” (INTECO, 2018), del cual, lo que falta es su aplicación nacional.

Actualmente, el consumo anual de madera por la industria forestal, según Barrantes y Ugalde (2019), asciende a aproximadamente 874,863 m³, con un 79% procedente de plantaciones forestales. El 20% de este volumen se destina al sector de la construcción, que sigue consumiendo madera, ya sea de origen nacional o importada. Sin embargo, como señala Santamaría (2015), la madera producida localmente no suele cumplir con las normas nacionales o internacionales de calidad, a diferencia de la madera importada. Otro desafío mencionado por Moya y su equipo (2019) es la percepción de baja calidad en la madera obtenida de plantaciones forestales en el mercado y la industria. Esto podría deberse a evaluaciones obsoletas o a la falta de información, ya que, como apunta Chávez y sus colegas (2010), la normalización de la calidad de la madera no es una práctica común en la industria.

En el ámbito de la industria forestal, es esencial enfocarse en la normalización, buscando desarrollar ventajas competitivas a través de la calidad y la especialización (Avilés, 2015). Esto se vuelve crucial para que productos nacionales puedan competir en igualdad de condiciones con las importaciones al país. Según Moya y su equipo (2019), al observar ejemplos de países desarrollados, como Canadá, Finlandia, Chile y Suecia, se destaca que su éxito se basa en un manejo tecnológico avanzado de la madera y un profundo conocimiento de sus propiedades individualizada. Además, asignan usos adecuados según las capacidades de cada especie forestal, lo que ha sido fundamental para su desarrollo en la industria forestal.

Otra justificante para la normalización se debe a que la madera se incluyó en el Código Sísmico del Costa Rica para la construcción, lo que subraya la importancia en la industria y la necesidad de investigación para respaldar a ingenieros civiles, arquitectos y maestros de obra sobre las maderas nativas. La clasificación por calidades se presenta como un paso universal para diferenciar productos. Además, Peirano (2014) afirma que “un producto o servicio que no incorpora los atributos valorados por la demanda es un bien sin valor de mercado” (p. 116).

Con respecto a la elección de la especie para este proyecto de graduación, se basa en las existencias con alto potencial de industrialización de *T. amazonia* en el país, según Mejía (1998) indica que se establecieron en los años 1990 al norte del país hasta 177 ha y al sur poco más de 1000 ha hasta el año 1997, en la actualidad alcanzan edades promedio de 25 años. Así mismo, Murillo et al. (2015) recientemente impulsaron un proyecto de investigación para especies nativas de alto valor, incluyendo el *T. amazonia* como de gran potencial, esta especie es notablemente adaptable a los suelos ácidos, los cuales son abundantes en nuestro país.

Es importante señalar las cualidades de la madera procedente de bosque y plantaciones de *T. amazonia*, al utilizar el índice de dureza Janka que mide la carga aplicada (kilogramo por milímetro cuadrado) a la penetración de una esfera hasta su mitad con un diámetro de 11,28 mm (Charalampos et al., 2016), se reportaron para la especie valores índice de 915 en bosque natural (Bustamante y Castillo, 1983), y para plantaciones forestales (Moya et al., 2009) reportaron una dureza de 601, recientemente otros estudios de la misma especie proveniente de plantaciones (Moya et al., 2019) reportaron valores de 384, referencias que señalan ser opción para el uso en pisos y vigas. Adicionalmente, los actuales aditivos para protección son una alternativa al uso temprano de madera joven en estructuras (Salas, C. comunicación personal, abril 2021).

Estas razones respaldan la importancia de este trabajo final de graduación en la evaluación del *T. amazonia* y apoyarán la aplicación de las normas de calidad INTECO para la especie, y como contribuciones al proyecto tripartito entre la UNA, el ITCR y UCR llamado 'Mejoramiento del diseño

arquitectónico, estructural y del uso materiales utilizados en la construcción de viviendas de interés social para el territorio indígena de Cabagra, Buenos Aires, Puntarenas' (oficio CNR-388-2019)."

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Aplicar las normas de calidad en madera aserrada de uso general para piso y viga estructural, su preservación y secado natural de la especie *T. amazonia* (amarillón) procedente de plantaciones forestales del Pacífico Central de Costa Rica, basado en las Normas INTECO, para fomentar su utilización en el sector construcción.

2.2 Objetivos específicos

1. Aplicar los estándares de calidad en madera aserrada para piso y viga estructural de *T. amazonia* según Norma INTE C98, INTE C99:2014, e INTE C100:2020, para cumplir con los requerimientos de calidad en el sector construcción.
2. Valorar la efectividad del método de preservación por inmersión-difusión con sales de boro en madera aserrada de *T. amazonia* aplicando la Norma INTECO de preservación, para cumplir con los requerimientos de durabilidad demandados por el sector construcción.

3. Marco teórico

3.1 La madera en la construcción.

Según Fournier (2008a, citado por Serrano y Moya, 2012), la madera es considerada el material más noble y versátil en el ámbito de la construcción. Esta afirmación destaca la madera como un recurso insustituible en la edificación, especialmente en una era en la que la conciencia ambiental desempeña un papel central. Las características de la madera, como su renovabilidad, su impacto ambiental positivo, su estética y su confort, la convierten en la elección óptima para la construcción en la actualidad.

En Costa Rica según Barrantes y Ugalde (2019) el sector de la construcción consume anualmente 182 935 m³ de madera en rollo. De este volumen específicamente en la obtención de productos de armado, el 44,8 % se destina para madera de cuadro, regla, alfajilla y similares, y un 7,7% se destina a la fabricación de material artesonado.

Según Barrantes y Ugalde (2018, diapositiva 13, 20, 21) en una encuesta realizada a 805 personas del Gran Área Metropolitana, se indica que el 85% utiliza productos con madera, y un 54% de los encuestados estaría dispuesto a utilizar productos contruidos con madera. Específicamente para material de construcción como cerchas y cielo rasos, la compra en el último año fue de 41,8% y 36,6% respectivamente de los encuestados. Estos datos demuestran que hay disposición del consumidor para comprar madera, un 84% de los encuestados prefiere madera nacional (Barrantes y Ugalde, 2018, diapositiva 22).

Según Fournier (2008a, citado por Serrano y Moya, 2012), la madera se destaca como un material excepcional para estructuras en general debido a su amplia disponibilidad, belleza, renovabilidad, bajo consumo energético, buenas propiedades físicas y mecánicas, ligereza, asequibilidad y capacidad para servir como aislante térmico, eléctrico y acústico en condiciones secas. Además, su elasticidad proporciona estabilidad y resistencia frente a condiciones climáticas extremas.

3.2 Productos en competencia con la madera y demanda potencial de la madera en la construcción

En las últimas décadas, la madera ha experimentado una rápida sustitución por materiales basados principalmente en hierro, aluminio y concreto, lo que ha resultado en una disminución significativa de su cuota de mercado (Serrano y Moya, 2012). Según Santamaría et al. (2015), entre los años 2009 y 2013, se observó un notable crecimiento en las importaciones de productos sustitutos que compiten en diversos usos tradicionales de la madera. Esto incluye un aumento del 11% en las láminas de yeso, un 13% en molduras plásticas, un 14% en muebles de metal, un 16% en muebles de plástico, un 26% en perfiles metálicos y un 9% en pisos cerámicos.

En años posteriores (2014-2015), menciona Chavarría (2017, p.36), que la principal razón de la disminución del consumo local de madera fue el bajo precio de los productos suplentes y en segundo lugar el uso de madera importada. La misma autora indica que los materiales que compiten directamente con la madera nacional son el hierro en un 77,8% para uso estructural, la cerámica o porcelanato en el uso de pisos con un 44,1%, y de un mismo origen la importación de madera en un 23%. A pesar de estos datos, Santamaría et al. (2015) afirman que el sector industrial forestal nacional tiene aún capacidad de recuperar el mercado local tradicional.

No obstante, según Chavarría (2017, p. 27), el uso de la madera en los diseños es algo que algunos ingenieros y arquitectos emplean en ocasiones, con solo un 18% que declaran utilizarla de forma constante. En contraste, un 38% rara vez o nunca consideran la madera como su elección

preferida, favoreciendo en su lugar materiales como el hierro o el concreto. Estos datos subrayan la necesidad de impulsar una mayor divulgación y proporcionar evidencia respaldada por estudios sobre las especies forestales nacionales.

3.3 La industria de aserrío forestal en el país

Con la expansión agrícola de los años 1940s debido al uso permitido de cambio de uso del suelo, se motivó la expansión de número de aserraderos mecánicos hasta llegar a más de 200 en el año 1980 (Serrano y Moya, 2011). En la actualidad estos mismos autores señalan dos tipos de aserraderos i) los tradicionales que procesan diámetros mayores para árboles del bosque y sistemas agroforestales, ii) y los de diámetros menores que provienen de las plantaciones forestales. La infraestructura, así como el equipo y herramientas no se han modificado mayormente en el tiempo, más que la adaptación del aserrío a diámetros menores (Serrano y Moya, 2011). En relación a esta cuestión, Sánchez (2016, p. IV) destaca que las carencias que impactan en el mercado de productos forestales en Costa Rica están vinculadas a la falta de tecnología. Este factor repercute negativamente en la competitividad, provocando un aumento de los costos de producción y, como resultado, una dificultad para competir en términos de precios y calidad.

3.4 La calidad en los productos forestales en el mercado

En el ámbito de productos forestales, no existe una definición específica de calidad, sino más bien se trata de garantizar que la madera esté libre de defectos para su uso previsto. Chávez et al. (2010, p.5) sugieren que la calidad de la madera se puede entender como una serie de atributos que le otorgan propiedades específicas para su uso particular.

Por otro lado, Serrano y Moya (2012) destacan que en el pasado, la madera solía comercializarse simplemente como un material genérico, pero en la actualidad se vende como una marca registrada, siguiendo el enfoque de otros productos de consumo masivo. Esto resalta la importancia de que el sector industrial se involucre en el concepto de calidad.

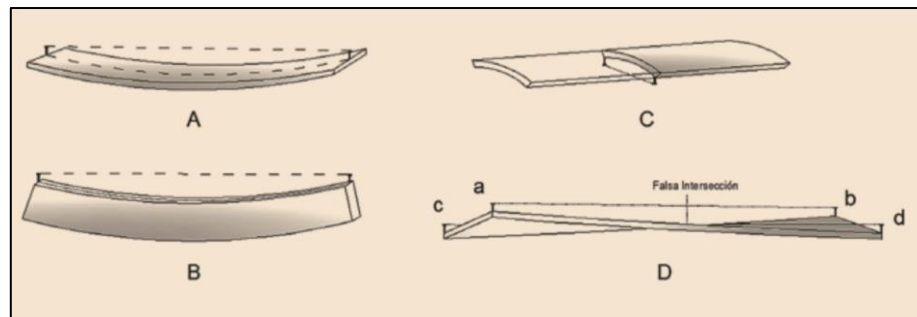
Los aspectos que demandan los usuarios, como el secado, preservado, cepillado y calidad de la madera, son valorados y no menos importantes, los productos importados en su mayoría cumplen con estas condiciones (Santamaría, 2015). En el sector de la construcción, una encuesta reveló que el 52% selecciona el secado al horno, un 12% solicita preservado y el 54% opta por acabado con cepillado y el 79% con alguna clasificación de calidad, aspectos que aceptan de una norma o por su propio criterio de clasificación (Santamaría, 2015). En años posteriores, entrevistas realizadas a sectores consumidores (mueblero, construcción e instituciones públicas), clasifican la madera del país

de buena a regular calidad, a pesar de que se sabe que no reciben ningún tratamiento para mejorar su estado, ni la aplicación de normas nacionales o internacionales de calidad (Chavarría, 2017).

Recientemente, Sánchez (2016, p. 58) ha concluido que seguir las directrices de competitividad en la producción y comercialización se convierte en un aspecto limitante y confuso para los productores de madera e industrializadores de organizaciones de menor escala en Costa Rica. Esto contribuye a una contracción generalizada en el rendimiento de la industria local. Por otro lado, Serrano (2006, p. 7) sugiere que los industriales y comerciantes de madera en nuestro entorno deberían enfocar sus esfuerzos en reducir las variaciones en las dimensiones y las distorsiones, como el pandeo, presentes en la madera utilizada por los usuarios del sector de la construcción, particularmente si se desea satisfacer las necesidades de ingenieros, arquitectos y otros profesionales del ramo.

Por otro lado, y propiamente en cuanto a la determinación de la calidad de la madera, la misma se identifica en condición verde por medio de marcas con sierra, nudos, pudrición, rajaduras, agujeros, partes de la corteza, y aristas faltantes. El secado natural o en hornos, suma otras fallas que se muestran en la Figura 1 (INTECO, 2014).

Figura 1. Defectos de la madera: A). Arqueamiento, B). Encorvadura, C). Acanalado, D). Torcedura



Nota: Fuente (Chávez et al., 2010).

3.5 Las normas de calidad nacionales en madera aserrada

El Instituto Técnico de Normalización de Costa Rica (INTECO), creado con la Ley N° 8279 del año 2002, junto a otras partes interesadas (sector privado, consumidores y academia nacional), definen los requisitos mínimos en las normas para productos y servicios, incluidos el sector forestal. Una norma “es un documento voluntario que establece requisitos, especificaciones, directrices, procedimientos o características que tienen como objetivo garantizar que los productos, los servicios y los sistemas sean seguros, coherentes y confiables” (INTECO, s.f. <https://www.inteco.org/>), en el Cuadro 1 se muestran las normas para el sector de la industria de aserrío:

Cuadro 1. Resumen de las normas técnicas para madera aserrada de uso general y uso estructural

Norma Técnica	Descripción
INTE C98:2018 “Terminología de maderas”	Refiere a definiciones técnicas en la jerga de la industria de la madera, con nombres populares y de la rama comercial que son utilizados de forma habitual en Costa Rica, su ámbito va desde la extracción hasta su uso final por el consumidor (INTECO, s.f.). Incluye la definición de 101 términos, y anexos con imágenes representativas de las principales terminologías, así como un glosario español -inglés e inglés- español (INTECO, 2018).
INTE C99:2014 “Madera aserrada para uso general”	Establece grados de calidad para madera aserrada de uso general, incluye variables que pueden ser medidas una vez procesada, por método visual y con instrumentos. Entre ellas humedad y defectos, y se clasifican por tipo, cantidad, ubicación en las piezas y la magnitud. La norma no incluye uso estructural, muebles y molduras, contrachapada y laminada. (INTECO, 2014).
INTE C100:2020 “Madera estructural. Clasificación en grados estructurales para la madera aserrada mediante una evaluación visual”	Indica las exigencias que debe cumplir cada grado de clasificación. Se basa en propiedades por especies, libres de defectos y de acuerdo a la categoría se establece grados estructurales deseados. La evaluación visual de las cuatro caras y sus extremos es requerida para determinar la calidad de firmeza de las piezas en grados, considerando tamaño de nudos y su naturaleza, es una norma más extensa y especializada con razones para determinar los porcentajes de resistencia mecánica (INTECO, 2020, p. 5).

Nota: Estas son las normas técnicas aplicadas para la evaluación de la madera.

3.5.1 Otras normas de calidad en países con cultura forestal

Otros países han realizado sus propias versiones de acuerdo con sus avances tecnológicos e investigación, éstas se resumen en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Normas en otros países para el sistema constructivo en madera

Norma	Descripción
Manual del American Institute of Timber Construction, junio 2012. Estados Unidos.	Es una guía para construir en general con madera estructural de lámina (tipo Plywood), y se basa en las propiedades de la madera y sus usos, así como, consideraciones de diseño para sistemas constructivos.
Manual de construcción de vivienda en madera. Corma (Corporación chilena de madera). junio 2011. Chile	La norma incluye las características físicas del material, las estructuras para el techo, y los mecanismos de protección.

Reglamento argentino de estructuras de madera CIRSOC11 Argentina	Presenta las conductas mecánicas y tiempos de duración de las estructuras en madera, también define los métodos y disposiciones estructurales para emplear durante el diseño y construcción con madera aserrada, laminado, y todo tipo de producto con madera.
ISO sobre estructuras de madera (ISO / TC 165)	Una serie de normas diseñadas para abordar la clasificación y las pruebas de la madera en forma visual y mecánica, y proporcionar un marco para un sistema internacional de clasificación de la fuerza para madera blanda y madera dura.
ASTM D143 Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber	Esta norma incluye procedimientos de evaluación con métodos de prueba diseñados para medir diversas propiedades mecánicas y físicas, controlando variables como las dimensiones de la muestra, el nivel de humedad, la temperatura y la velocidad de carga.

Nota: Fuentes (Murillo, 2017); Astm D143 Traducción [d47e1332gyn2] (idoc.pub)

3.6 Propiedades y características de la madera

Las propiedades y características de la madera en la construcción se han evaluado desde el aspecto tecnológico con el propósito de predecir el comportamiento según el uso al que se aplique, ya que cada especie tiene diferentes cualidades y cada uso tiene distintas exigencias (Suirez, 2010).

3.6.1 Propiedades físicas de la madera

Conocer las propiedades físicas es importante porque éstas influyen significativamente en el desempeño y solidez de la madera usada en aplicaciones estructurales (Campos, 2015). Éstas se ven principalmente afectadas por el medio ambiente, sin que haya daño químico ni mecánico en la estructura interna propia de las paredes y elementos de la estructura celular (Suirez y Gilson, 2010, p. 13).

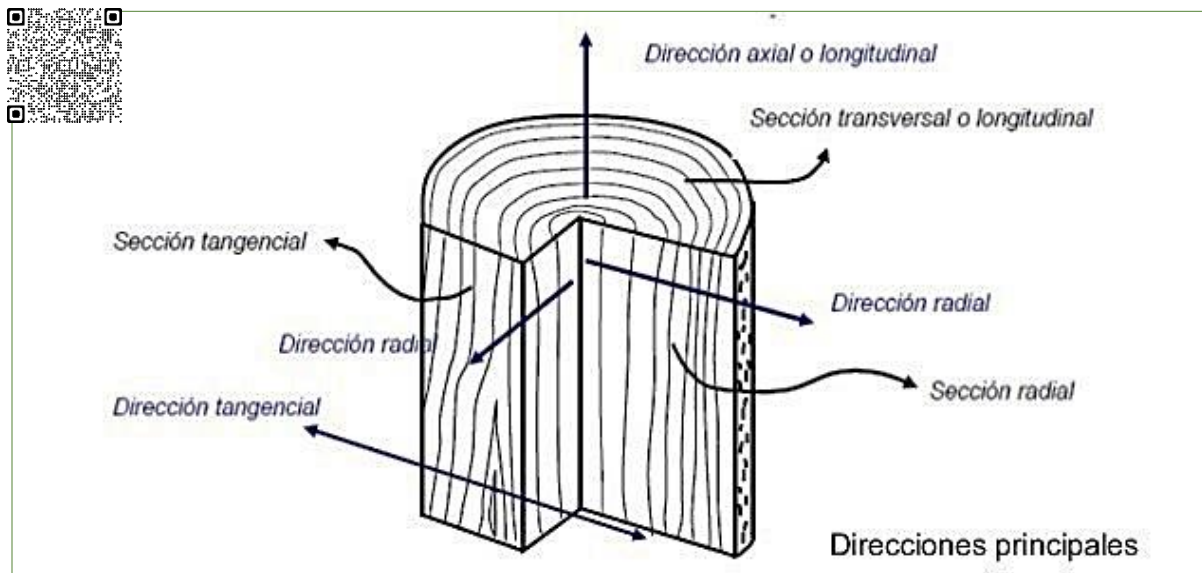
Señala Vargas (2018), las características fundamentales de la madera como materia transformada es la de ser anisotrópica e higroscópica, así como tener polaridad y se explican estos conceptos:

- **Anisotropía:** la madera no es un material homogéneo, sino que presenta distintas propiedades y comportamientos dependiendo de la dirección en la que se considere, ya sea en corte axial, radial o tangencial.
- **Higroscopicidad:** Es la propiedad que presentan los cuerpos de realizar un intercambio de humedad con el medio que los rodea. El comportamiento de la madera se ve afectado por el contenido de humedad, ya que este determina la durabilidad, resistencia, peso y las dimensiones de la madera.

- Polaridad: La madera al ser de carácter polar presenta afinidad con otros productos que cuenten con la misma propiedad, como por ejemplo: el agua, los barnices o los adhesivos

Otros factores que influyen en a las propiedades físicas de las maderas y se valora para su uso constructivo, tienen que ver con la disposición y la orientación de las estructuras de la pared celular y la cantidad de sustancias en ellas, el porcentaje de material celulósico, así como la composición química y la cantidad de agua dentro de la madera (Suirezs y Gilson, 2010, p. 13). En la Figura 2 se muestran las direcciones de crecimiento.

Figura 2. Direcciones en las que crecen las estructuras internas de la madera

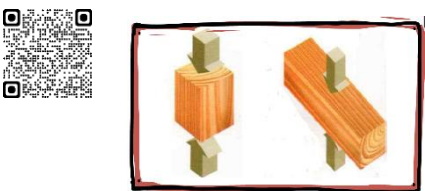
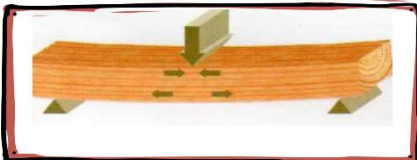
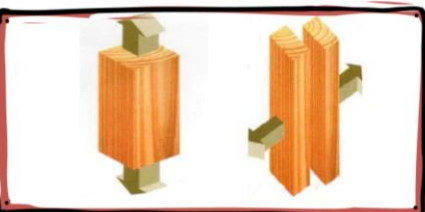
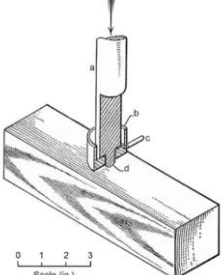


Nota: Fuente (Greemap, 2021)

3.6.2 Propiedades físico-mecánicas de la madera

La madera aserrada está sometida durante su uso a distintos esfuerzos, existen cualidades básicas a considerar, éstas deben de conocerse o evaluarse previo a la aplicación y uso al que esté destinado, las mismas se mencionan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Definición de las cualidades físico - mecánicas de la madera

Cualidad de la madera	Definición	Ilustración
Compresión	<p>“Una madera está sometida a un esfuerzo de compresión paralelo a sus fibras, cuando este esfuerzo tiende a acortar las mismas en el sentido longitudinal. Un claro ejemplo es el de una columna sobre la que se apoya un techo”. (Universidad de la Plata, s.f.)</p>	
Flexión estática	<p>“Para que un material tenga un buen comportamiento a la flexión es requisito indispensable que tenga resistencias prácticamente iguales a la tracción y a la compresión” (Universidad de la Plata, s.f.)</p>	
Resistencia a la tracción	<p>“Se produce cuando dos fuerzas de sentido contrario tienden a estirar una pieza de madera. Estas fuerzas pueden estar aplicadas en el sentido paralelo o perpendicular a las fibras, teniendo un comportamiento diferente en uno y otro caso” (Universidad de la Plata, s.f.)</p>	
Dureza	<p>“Se refiere a la resistencia de la madera a ser penetrada por un objeto. Es una característica que determina el uso de la madera especialmente para pisos. Está muy relacionada con la densidad de la madera” (Vargas, 2018, Cruz de León, s.f., p. 28)</p>	 <p>Método Janka de prueba de dureza (Green et al., 2006)</p>

Nota: Fuente Universidad de la Plata, s.f.

El dendrólogo austriaco Gabriel Janka desarrolló un método para medir dureza, en el que indicó que esta propiedad está proporcionalmente relacionada con la densidad de la madera (Green et al., 2006). El método de la esfera maciza se ha utilizado por la Asociación Estadounidense para

Pruebas y Materiales – ASTM (siglas en inglés) en la norma ASTM D143 desde el año 1922 (Green et al., 2006).

En relación a la compresión, una cualidad positiva en el uso para pisos, es que, al ser sometida la madera al aplastamiento perpendicular a las fibras, conforme se deforman se hace más densa, pierde espacios entre sus células y las hace más resistentes. Este efecto positivo puede observarse en los durmientes de la línea de tren (Universidad de la Plata, s.f.), esta cualidad hace que aumente la densidad de la madera y sea más fuerte.

Un factor relacionado con la dureza es el peso específico de la madera, como indican Suirezs y Gilson (2010), este es una de las propiedades físicas más importantes, ya que de esto depende la mayoría de su particularidades físicas y mecánicas.

En cuanto a la flexión, es importante destacar que la humedad de la madera ejerce una influencia significativa en este parámetro. Para lograr la máxima resistencia a la flexión, la madera debe estar seca, es decir, en su nivel de humedad adecuado de trabajo (Universidad de la Plata, s.f.).

3.7 Agentes destructores de la madera

Los elementos que causan deterioro en la madera, como la exposición al sol y la lluvia, los cambios en temperatura y humedad, son responsables de las contracciones o hinchamientos de las capas externas. Este proceso da lugar a la formación de pequeñas grietas que, de manera cíclica, exponen nuevas capas a los mismos efectos (Cianciarulo y Llambías, 2013, p. 10).

Además, se suman otros agentes destructores los xilófagos, como los hongos que prosperan en condiciones de alto contenido de humedad y contacto con el suelo, así como los insectos. En este último grupo, se pueden distinguir tres categorías: insectos con un ciclo de vida larvario, insectos sociales y xilófagos marinos (Cianciarulo y Llambías, 2013, p. 11).

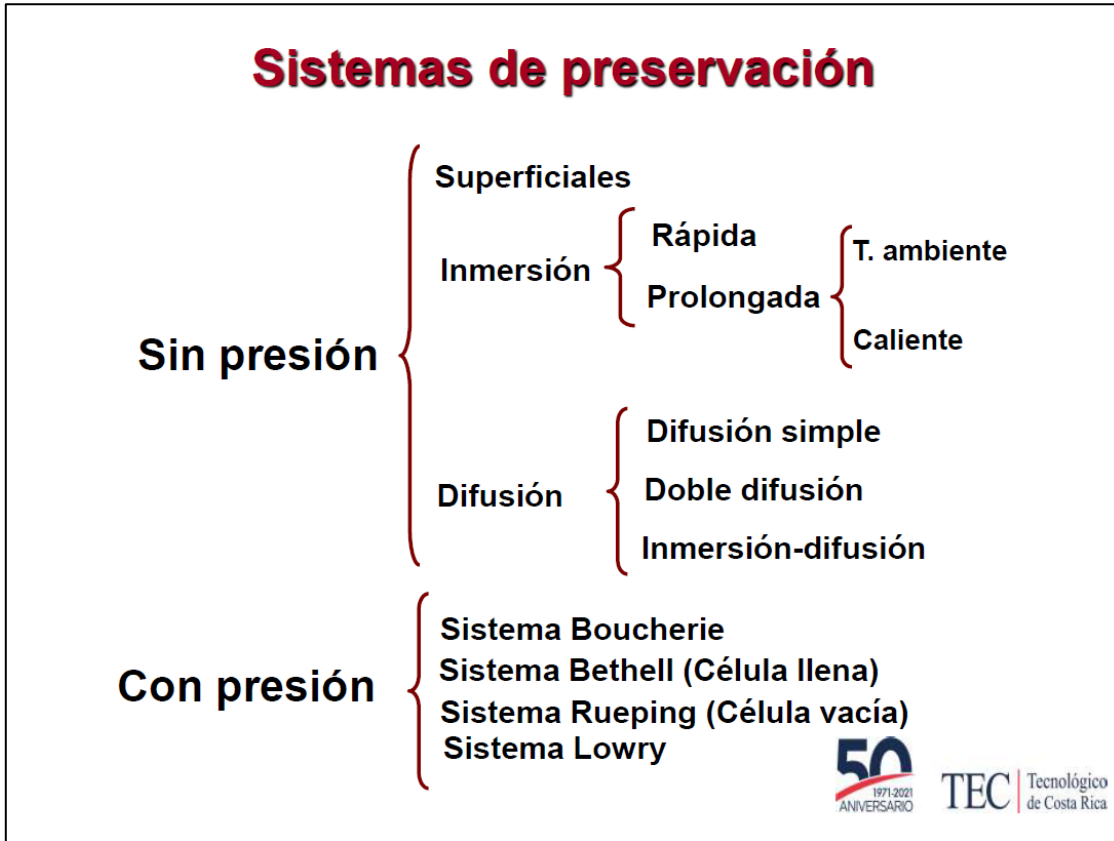
En Costa Rica ante el aumento prominente de plantaciones forestales y el uso de madera para el sector construcción y mueblero, según Serrano y Moya (2012) indican que desde un principio se enfatizó en la necesidad de aplicar tratamientos de secado y preservación para alargar la vida útil, con el propósito de tener productos de alta calidad para competir con productos importados.

3.8 Preservación de la madera

Un preservante según Norma INTE C98:2018 es una “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”, esto ayuda a que diversos agentes destructores no

ingresen a la parte interna ni dañen la externa. Los sistemas de preservación se dividen en dos grandes métodos de trabajo: el sistema con presión (equipos especiales) y sin presión. La Figura 4 muestra el diagrama resumen de cada uno (Berrocal, 2021).

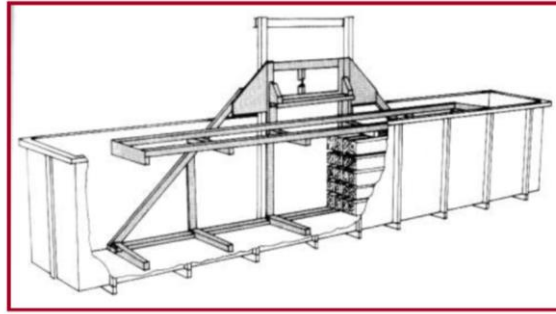
Figura 3. Métodos de preservación de la madera por sistemas de tratamiento



Nota: Los sistemas con presión no se detallan en este marco teórico. Fuente (Berrocal, 2021)

En el método sin presión, está la inmersión de la madera que puede ser por corto o largo tiempo dentro de la solución preservante, en la Figura 5 se muestra el contenedor tradicional; este tratamiento puede realizarse a temperatura ambiente y disminuir los costos operativos (Berrocal, 2021), o bien, con el aumento de la temperatura para una mayor disolución de la concentración. Indican en INACAP (s.f.), que el éxito de esta técnica dependerá del tipo de madera, la densidad de la especie y el tipo de producto a utilizar. Después se continúan con el proceso de difusión, que consiste en permitir la circulación del producto en un ambiente cerrado, por un período de días según el porcentaje de penetración (Berrocal, A. comunicación personal, 11 de junio 2021).

Figura 4. Sistema de inmersión de madera con sistema hidráulico de levantamiento

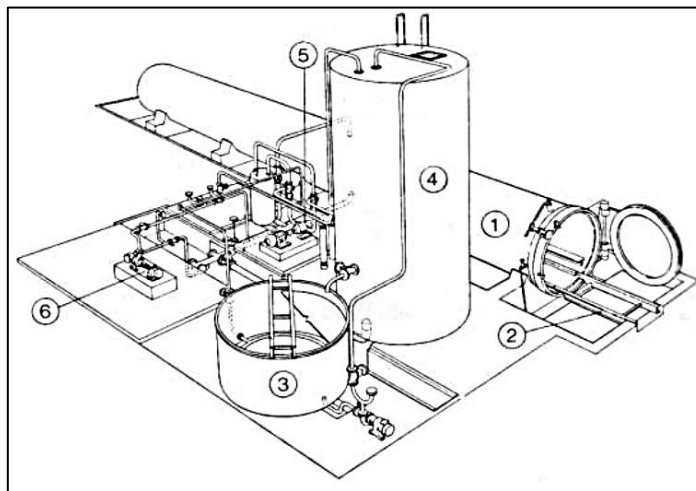


Nota: Fuente (Berrocal, 2021)

Los métodos de preservación con el uso a presión, requieren de contenedores denominados autoclaves, que permiten introducir productos preservantes durante el funcionamiento. Para Serrano y Moya (2012) en el país solo dos empresas tienen el equipo para realizar este proceso, ubicados en Ochomogo, Cartago y en Pérez Zeledón.

En la Figura 6 se muestra uno de los sistemas que se pueden encontrar en servicio en el país. Este método es el más efectivo para preservar el uso de madera en condición con pudrición severa y ataque persistente de insectos xilófagos, logrando penetración uniforme y profunda (INACAP, s.f.).

Figura 5. Sistema de tratamiento de preservación con sistema de vacío-presión



Nota: Partes numeradas son: (1) autoclave (2) rieles (3) tanque de mezcla (4) tanque almacenamiento (5) bomba de vacío (6) bomba de presión. Fuente (Berrocal, 2021)

3.8.1 Tipos de preservantes

Entre los preservantes utilizados, están los creosotas que son un “líquido viscoso y cáustico, de color pardo amarillento y sabor fuerte, que se extraía del alquitrán y servía, entre otros usos, para preservar de la putrefacción de carnes y las maderas” (Real Academia Española, 2020, párr 1), otros son los de origen orgánico como los naftenanos del petróleo, el pentaclofenol el cual es muy tóxico, y los de origen inorgánico de sales múltiples (arsénico-cobre-amoniaco), (cobre-cromo-arsénico), y (cobre-cromo-boro), así también compuestos sólo de boro (Berrocal, 2021). El boro es el ingrediente activo de muchos productos para estos fines, sin embargo, el mayor inconveniente de este elemento es que la madera no puede estar en contacto con el suelo (Cianciarulo y Llambías, 2013, p. 19) ya que el agua de lluvia y escorrentía lavan el boro en la madera, la utilización de estas sales tiene más de 70 años, ya que es una sal hidrosoluble y de fácil aplicación, su presentación comercial son el ácido bórico (H_3BO_3) y el borato de sodio ($Na_2B_4O_7$) (Berrocal, 2021).

Su impregnación puede evaluarse por medio de una prueba colorimétrica utilizando dos tipos de reactivos que se muestran el Cuadro 4, y sus concentraciones.

Cuadro 4. Reactivos utilizados para la evaluación de penetración colorimétrica con sales de boro

Reactivo A	Reactivo B
10 g de cúrcuma.	20 ml de ácido clorhídrico (34%).
100 ml de etanol (95%).	6 g de ácido salicílico.
	100 ml de etanol (95%).

Nota: Cada uno de los reactivos se aplican a la superficie de la madera para observar su reacción química ante el preservante. Fuente (Berrocal, 2021)

3.10 El secado de la madera

Según las perspectivas de Serrano y Moya (2011), el proceso de secado de la madera es de importancia fundamental en la fabricación de productos. Es relevante destacar que solo alrededor del 5% de la madera producida en los aserraderos convencionales en el país se somete a un proceso de secado. Además, los hornos diseñados para el tratamiento térmico de productos como tarimas no resultan adecuados para llevar a cabo el secado de la madera. El secado, en términos generales, se refiere a la eliminación de la humedad presente en la madera, con el objetivo de alcanzar un nivel de humedad adecuado para el uso previsto del producto (INTECO, 2018, p. 16).

El proceso puede realizarse de forma natural, al aire, sin intervención de calor artificial, o en hornos para secado donde se introduce en cámaras cerradas que controla tanto la temperatura como

la humedad. El árbol al cortarse tiene un contenido de agua elevado y es variable entre especies, esto debe considerarse según la madera a trabajar. Para la adecuada absorción del preservante, es importante que el contenido de humedad esté por debajo del Punto de Saturación de las Fibras (PSF) (Cianciarulo y Llambías, 2013, p. 11). Como resultado de la disminución del porcentaje de humedad, la madera presentará contracciones físicas, éstas se definen como “la disminución de las dimensiones (en sentido radial, tangencial, longitudinal o volumétrica)” (Moya et al, 2019), aspectos que influyen en los parámetros establecidos en las normas de calidad de productos forestales.

3.11 Propiedades de la madera aserrada de *T. amazonia*.

Según Carpio (1992), las características de la especie *T. amazonia* se clasifican como una madera muy pesada, con un promedio de densidad de $0,68 \text{ g/cm}^3$, y presenta cierta dificultad para el secado y el trabajo, así como para su preservación. Sin embargo, es importante señalar que estas cualidades posiblemente se refieran a la madera proveniente de bosques naturales con mayor edad. Por otro lado, Moya et al. (2019)¹ indican que, en el caso de esta especie proveniente de plantaciones forestales, no se observan diferencias visibles entre la albura y el duramen.

En condiciones secas, presenta un color amarillo pálido y un veteado poco pronunciado, con líneas verticales escasamente oscuras que contrastan con la tonalidad amarilla. La textura es fina al tacto, sin olor ni sabor, y presenta un brillo que va de regular a brillante. En cuanto al grano, es recto, y los anillos de crecimiento se presentan en forma de bandas marginales de parénquima y paredes celulares en las fibras. En términos de densidad, se considera que la madera es moderadamente pesada, con un valor de $0,54 \text{ g/cm}^3$ en condiciones secas al horno y un contenido de humedad del 12%.

3.11.1 Propiedades físicas

En cuanto a las características estéticas, físicas y mecánicas del material, se destaca que la *T. amazonia* proveniente de plantaciones forestales presenta cualidades que resultan prometedoras para aplicaciones industriales de la construcción. Esto se debe a la capacidad como secado fácil, su susceptibilidad a la preservación y las propiedades mecánicas relativamente altas de su madera (Moya, R. et al., 2009, p. 78). Menciona el mismo autor que los consumidores habituales de madera, principalmente los ingenieros civiles y el sector de la mueblería, a pesar de no contar con madera estandarizada de esta especie, reconocen su utilidad y características

¹ La edad de la plantación de estudio fue de 14 años, con una densidad de 452 árboles / hectárea, y un DAP 22.59 cm

A continuación, se detallan algunas de estas características en el Cuadro 5. Durante las pruebas, se observó que el contenido de humedad en estado verde obtuvo un promedio de 65,66% similar a lo reportado por la literatura en plantaciones jóvenes evaluadas.

Cuadro 5. Propiedades físicas de densidad y peso específico de madera *T. amazonia* proveniente de plantaciones forestales

Densidad verde (g/cm ³)	Densidad Seco al Aire (g/cm ³)	Densidad Seca al Horno (g/cm ³)
0,81	0,60	0,54
Peso específico básico	Peso específico seco al aire	Peso específico seco al horno
0,49	0,52	0,55

Nota: Fuente (Moya et al., 2019)

Otra cualidad física, es la propiedad de contracción después de los procesos de secado, el cual presenta una reducción de volumen considerado en las pruebas de laboratorio como de clasificación media, los resultados de calificación se presentan en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Propiedades físicas de contracción determinadas para la especie *T. amazonia* de origen de plantaciones forestales

Propiedad física.	Normal (Verde – 12%)	Total (Verde – 0%)	Clasificación
Contracción radial (%)	1,61	3,34	Baja
Contracción tangencial (%)	2,78	5,31	Media
Contracción volumétrica (%)	5,07	9,92	Media
Razón de contracción T/R	1,87	1,67	Baja

Nota: Fuente (Moya et al., 2019)

El proceso de secado según Moya et al. (2019), indica que la madera de plantaciones forestales jóvenes presenta una deshidratación rápida al aire, menor a 35 días, para llegar a un 20% de contenido de humedad (CH) en espesores entre los 50 mm a 75 mm. Con respecto a las grietas y rajaduras Moya et al. (2019), señalan que se presentan de forma natural por tensiones de crecimiento, durante el proceso de secado se presentan nuevas grietas, rajaduras, en los extremos de las tablas y cercano a los nudos.

3.11.2 Propiedades mecánicas

Los índices registrados en las propiedades mecánicas de la especie *T. amazonia*, según Moya et al. (2019), se indican en el Cuadro 7, estos se han obtenido de madera proveniente de plantaciones forestales jóvenes.

Cuadro 7. Propiedades mecánicas de la *T. amazonia* de acuerdo a la literatura consultada

Propiedad mecánica	Condición de humedad de la madera		
	Verde	Seca	
Esfuerzo máximo compresión (kg/cm ²) Sobre la fibra paralela	140	179	
Esfuerzo máximo compresión (kg/cm ²) Perpendicular a la fibra	139	223	
Esfuerzo máximo tensión (kg/cm ²) Sobre la fibra paralela	116	567	
Flexión estática (1 carga) (kg/cm ²)	MOR	560	746
	MOE*1000	100	119
Esfuerzo máx. cortante (kg/cm ²) Paralelo a la fibra	Tangencial	85	94
	Radial	76	75
Esfuerzo máximo tensión (kg/cm ²) Perpendicular a la fibra	Tangencial	18	23
	Radial	12	17
Esfuerzo máximo a clivaje (kg/cm ²)	Tangencial	3,7	3,7
	Radial	4,2	3,7
Dureza Janka (kg)	Axial	216	384
	Lateral	167	225

Nota: MOR=Módulo de Ruptura, MOE= Módulo de Elasticidad. Fuente (Moya et al., 2019)

3.11.3 Preservación de la madera y tratamiento de inmersión-difusión

Según Moya et al. (2019), la madera de *T. amazonia* es penetrada 100% de las secciones transversales de las piezas probadas en la albura, en un tiempo menor a los 5 días. Se indica que debe mantenerse la inspección de la madera bajo el plástico para evitar la formación de hongos en la superficie, aunque estos solo da una apariencia negra, pueden visualmente afectar la calidad de la pieza, y la retención del preservante puede variar entre 0,19 a 0,76 kg/m³.

3.11.4 Durabilidad de la madera

La madera se clasifica como altamente resistente al ataque de hongos con la aplicación del cobre micronizado. En cuanto a los insectos, los mismos autores señalan que es poco resistente en madera de albura, ya sea en condición verde o seca, por lo que se recomienda la preservación con sales de boro, no así la madera de duramen que si se cataloga como altamente resistente (Moya et al., 2019),

4. Marco metodológico

4.1 Enfoque de investigación y tipo de estudio

La investigación propuesta según Sampieri et al. (2006) tiene un enfoque cuantitativo, que establece un proceso de trabajo de forma secuencial, deductiva, probatoria y se limita a analizar la realidad objetiva de las cosas, por medio de mediciones, y que de forma neutral se demuestren los resultados.

4.2 Revisión bibliográfica

La revisión se efectuó con fuentes bibliográficas secundarias, búsqueda en línea (WEB) y físicas, pertinentes al tema en libros, tesis, revistas especializadas, artículos científicos, disponibles en los repositorios de las bibliotecas públicas y en otras instituciones nacionales u organismos internacionales. El reconocimiento de información se centró en la aplicación de normas de calidad y en el uso de la madera en la construcción, de muestras provenientes de plantaciones forestales.

4.3 Entrevistas con expertos

Se realizaron entrevistas no estructuradas a expertos y docentes universitarios, vinculados a la aplicación de normas de calidad, preservación y tratamientos de la madera, para obtener información de primera mano.

4.4 Sitio de procesamiento de la madera

El estudio se desarrolló en la zona sur del país, en colaboración con la industria primaria Aserradero S&Q, cedula jurídica 3 101 424653, con su equipo humano de trabajo especializado sumado a su experiencia para la elaboración de pisos y vigas que se requirieron en aplicación de las normas.

La industria se ubica en las coordenadas 9.305203 Latitud y -83.658382 Longitud, Hoja Cartográfica Repunta Pérez Zeledón, provincia de San José, contiguo a Servicentro El Rodeo. Está a una elevación aproximada de 600 m.s.n.m., y presenta un rango de precipitación de entre 3000 y 3500 mm anuales, humedad relativa permanentemente alta de 81% al 91% y un rango de temperatura de 22 a 24 °C (Ortiz y Soto, 2008). El acceso a la industria es sobre carretera nacional N°2 asfaltada, a 8,2 km de distancia del centro poblacional del cantón Pérez Zeledón. Se efectuó una visita previa a

la industria forestal para observar condiciones, requisitos logísticos y operativos previo a efectuar el trabajo.

- **Descripción de maquinaria de aserrío.**

El aserradero posee volantes de 1 m el motor eléctrico del aserradero es de 40 hp, el cual funciona inicialmente en el arranque con un motor diésel marca Mercedes serie 352 sin turbo, el carro de transporte de trozas utiliza un motor hidráulico que se trabaja eléctrico y mecánico montado sobre 2 remolques de tráiler, la afiladuría marca Anstro (Elmer Sánchez, Comunicación personal), en la Figura 6 se muestra la maquinaria de sierra que posee esta industria primaria forestal.

Figura 6. Equipo de aserrío de sierra de cinta de diámetros grueso tradicional en Costa Rica.



Fuente: Imagen tomada en la ejecución de la práctica diciembre 2021.

4.5 Selección de la población y muestra de estudio

La madera a procesar provino de las plantaciones forestales con 26 años de edad ubicada en el Pacífico Central-sur del país, poblado de El Jicote a una altitud de 200 m.s.n.m, en la zona de Parrita, y propiedad de la empresa Brinkman Asociados Reforestadores de Centroamérica, S. A. (BARCA) que donó 12 árboles solicitados para la práctica.

En el trabajo de escritorio se procedió con la selección no probabilística de los árboles, y se aprovechó la información dasométrica de las parcelas permanentes de muestreo (PPM) que posee la empresa, para confirmar la existencia de árboles entre los 30 cm y 40 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP) o más de estar disponible. Se efectuó el cálculo de volumen preliminar por árbol en pie, para lo cual se utilizará la fórmula (ecuación a) propuesta por Montero y Kannien (2005), que utiliza el DAP (1,3 m), y la altura total del fuste (H), esta ecuación tiene un coeficiente de determinación $r^2=0,98$.

$$V_{tcc} = a * dap^b * H^c \text{ (ecuación a)}$$

Cada elemento de la ecuación significa:

V_{tcc} = Volumen total con corteza, dap = Diámetro a la altura del pecho, H = Altura total (m) y $a = 0,00003268$; $b = 1,73636316$; $c = 1,34255267$; $r^2 = 0,98$

Nota: a, b y c, son números constantes del logaritmo de regresión.

En estudios recientes sobre piezas aserradas utilizadas en la construcción de viviendas de madera para el bienestar social, Bello (2019) evaluó una muestra compuesta por cien unidades de diferentes componentes que forman parte de la estructura de la casa. En particular, se utilizaron 10 segmentos para los pisos y 15 segmentos para las vigas. Por otro lado, Hernández (2021) también realizó un estudio utilizando 14 y 28 unidades, respectivamente. En el Cuadro 8 se presentan las medidas nominales seleccionadas para someterlas a pruebas de conformidad con las normas de calidad.

Cuadro 8. Dimensiones nominales de las piezas evaluadas en condición seca para la aplicación de las normas de calidad

Uso en construcción	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Largo (mm)	Número de piezas.
Piso	25	100	2520	23
Piso	25	100	3360	51
Piso	31	125	2520	66
Piso	31	125	3360	82
Viga	50	100	3360	31
Clavador	50	75	3360	38

Fuente: Elaboración propia

Según Moya et al. (2019), el rendimiento de aserrío en la especie *T. amazonia* a una edad de 14 años ronda entre 45 -55% con DAP entre los 30 a 35 cm. Para esta práctica se tomó inicialmente un rendimiento de madera aserrada de $0,4 \text{ m}^3$ por árbol, y sumándole el subproducto del aserrío y lo dejado en campo, se estimó para árboles en pie un volumen total de 1 m^3 , con alturas entre 15 y 22 m

(Lujan, R., comunicación personal, 1 de julio 2021), con un total 12 árboles donados se tendrían 12m³ totales para aserrar (Sánchez, E., comunicación personal, 11 de junio 2021).

Sin embargo, al momento de la selección y derribo de los árboles en campo, se utilizaron 12 árboles que seccionaron en 49 trozas en promedio de 336 cm de largo, con edades de 23 y 26 años, obteniéndose una totalidad de 14 m³ los cuales fueron medidos con la fórmula de Smallian. Ver en el Anexo N°1 el registro de campo de la medición del volumen comercial de árboles derribados.

Para el cálculo del volumen de cada pieza después de aserrado, se obtuvo con la fórmula de la (ecuación b):

$$V = \frac{A * E * L}{1.000.000} \quad (\text{ecuación b})$$

Donde: V= Volumen (m³), A= Ancho (cm), E= Espesor (cm), L= Largo (cm), entre 1000 para convertir a m³

4.6 Ámbito del estudio

Se aplicaron los procedimientos establecidos en las Norma INTE C99:2014 “Madera aserrada para uso general. Requisitos²”, por medio del método de la evaluación visual y determinación de los parámetros mínimos, y con el apoyo en la Norma INTECO C98:2018 “Terminologías de maderas”. Así también, se aplicó la Norma INTE C100:2020 “Madera estructural”, con el método de la evaluación visual de las piezas aserradas, y determinación de los parámetros mínimos que establecen la calidad de la madera.

El siguiente esquema de proceso, Figura 7, se resume las etapas realizadas en todo el ámbito de estudio para la obtención de los resultados y objetivos propuestos.

² Nota: Fecha del 18-11-2014, Segunda Edición, secretaria INTECO.

Figura 7. Metodología de trabajo para la aplicación de las normas de calidad INTE C99:2014, INTE C100:2020 y evaluación de T. amazonia proveniente de la empresa BARCA S.A. Proceso general



Fuente: Elaboración propia con información de las normas INTE C99:2014 y INTE C100:2020

- **Proceso de evaluación Norma INTE C99:2014**

Una vez finalizado el proceso de aserrío, se procedió a separar las muestras según el tipo de producto, teniendo en cuenta su grosor, ancho y largo, tal como se indica en la Figura 8. Como parte de una actividad intermedia, se llevó a cabo el proceso de preservación mediante inmersión y difusión, y se prepararon las pilas de madera organizadas por producto. Los detalles de este procedimiento se encuentran en la sección 5.9.

Figura 8. Proceso de aserrado de madera y separación de las muestras para la evaluación y aplicación de las normas



Nota: (1) Separación de productos del aserrío por dimensiones solicitados para evaluación, (2) Sub productos del aserrío en otras medidas de recuperación. Fuente elaboración propia, con imágenes en el momento del proceso.

Al finalizar la medición de la madera en estado verde, se procedió al proceso de difusión durante un periodo de 30 días. Después de este proceso, los grupos de productos fueron colocados en estibas horizontales con separadores de aproximadamente 25 mm, permitiendo el secado natural de la madera. Estas estibas se dejaron en el campo hasta que el muestreo indicó un promedio de contenido de humedad del 19% o menos. En la Figura 9 se muestra la forma como fue apilada y la aplicación del instrumento de medición de la humedad en esta misma pila de madera.

Figura 9. (1) Apilado de muestras para secado al natural con separadores horizontales, (2) Medición de humedad a los 30 días de proceso



Nota: Fuente elaboración propia, con imágenes en el momento del proceso.

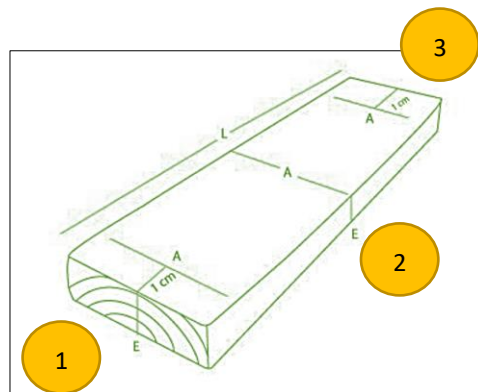
Concluido el proceso de secado, se tomaron las 222 piezas destinadas para piso machimbrado, y se procedió a procesarlas por la molduradora-cepilladora en la forma habitual de trabajo, sin ninguna indicación especial o forma diferente a la obtención de los productos para su venta final, con la única solicitud al operario que se obtuvieran las piezas con las medidas nominales requeridas.

En el Anexo N°2, se detalla el proceso para la evaluación visual según el método indicado en la respectiva norma de calidad para aserrado común INTE C99:2014.

La recolección de los datos de campo se anotó en un formulario digital, por medio de la aplicación para celular Google Formularios, en el Anexo N°3 y Anexo N°4, se muestra el contenido de la información que se recolectó para la evaluación de la madera en condición verde y seca.

Los puntos donde se evaluó la medida de cada pieza de madera para todos los grupos de producto evaluados se observan en la Figura 10.

Figura 10. Puntos a evaluar para determinar la dimensión de la pieza (ancho, espesor, largo) y contenido de humedad de la madera según Norma INTE C99:2014. (L: largo, A: ancho, E: espesor)



Fuente Norma INTE C99:2014

La evaluación y los resultados de las dimensiones se compararon y clasificaron con las siguientes Tablas contenidas en la norma:

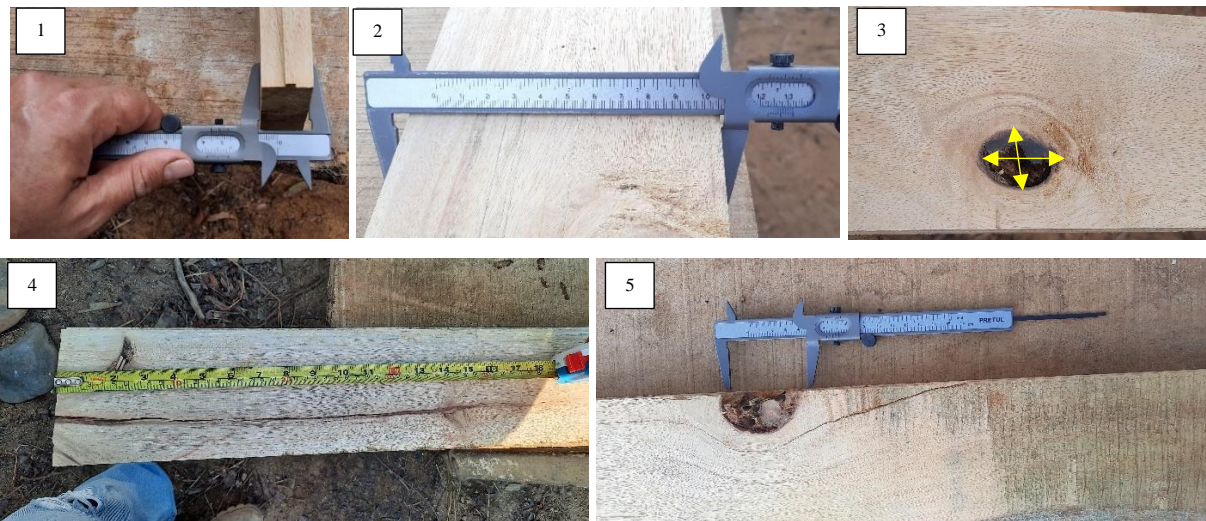
- Tabla N°1 “Tamaños estándares mínimos para madera aserrada cepillada o sin cepillar de uso general” (Anexo N°5).
- Tabla N°2 “Clasificación de la madera según la humedad” (Anexo N°6).
- Tabla N°3 “Clasificación por tolerancias en las dimensiones a lo largo de la misma pieza para madera cepillada verde y seca” de la Norma INTE C99:2014 (Anexo N°7).

Para la evaluación de los defectos se consideró lo establecido en la norma según:

- Tabla N°4 “Clasificación por defectos a lo largo de la misma pieza para madera verde según la norma INTE C99:2014” (Anexo N°8)
- Tabla N°4 “Clasificación por defectos a lo largo de la misma pieza para madera seca según la norma INTE C99:2014” (Anexo N°9)

Esta misma metodología de medición y determinación de parámetros de las normas se realizó tanto para la madera en verde, como madera una vez seca por el método natural. En la Figura 13 se muestran las formas de medición utilizadas.

Figura 11. Forma de mediciones de las piezas evaluadas de *T. amazonia*



Nota: Descripción de imágenes: 1) Medición del grueso en extremo, 2) medición de ancho al centro de pieza, 3) medición de nudo muerto promedios de diámetros, 4) medición de rajadura en extremos, 5) medición de nudos en cara. Fuente elaboración propia con imágenes del momento del proceso. Febrero de 2022.

Al finalizar todas las mediciones, cada pieza evaluada fue meticulosamente medida en 20 ocasiones utilizando un Calibrador Vernier o Pie de Rey análogo, con el objetivo de obtener las 4 magnitudes requeridas (humedad, grosor, ancho y largo) de acuerdo a la norma INTE C99:2014. En total, se realizaron **5201 mediciones**, asegurando una precisión al milímetro más cercano.

4.7 Proceso de evaluación Norma INTE C100:2020

Para la recolección de los datos a analizar en los defectos de viga estructural se utilizó únicamente dos secciones de la Norma, el punto 6.3.4 “Nudos en piezas de tamaño estructural”, con piezas de espesor de 50 mm a 113 mm (2 pulg³ a 4 ½ pulg.) y el punto 6.4 "Grietas y Rajaduras".

En el Anexo N°10, se detalla el proceso para la evaluación visual en cinco pasos según el método indicado en la respectiva norma de calidad para aserrado estructural INTE C100:2020.

Para la aplicación del Formulario N°3 “Registro de información para vigas estructurales en la industria. Norma INTE C100:2020” (Anexo N°11).

En esta evaluación se aplican la Tabla N°1 “Tamaños estándares nominales y mínimos para madera aserrada estructural”, de la norma referida, ver Anexo N°12.

En cuanto a la evolución de la inclinación del grano para la madera de uso estructural se consideró de la norma la Tabla N°2 “Razones de resistencia correspondientes a varias inclinaciones de grano”. Ver Anexo N°13.

4.8 Proceso de preservación y retención del preservante para el apoyo de las normas INTECO

El procedimiento para la preservación la madera aserrada, fue una actividad que se realizó entre las dos actividades de medición y aplicación de las normas.

Concluida la medición de la madera en verde, se procedió con el método de inmersión de la madera en la solución preservante, el tiempo mínimo requerido no se establece en forma tácita en las normas INTECO (Berrocal, A., comunicación personal, 20 noviembre 2020), sin embargo, bajo las experiencias comunicadas por especialistas, se estableció en 1 hora para los pisos y de 1,5 horas para las vigas y clavadores.

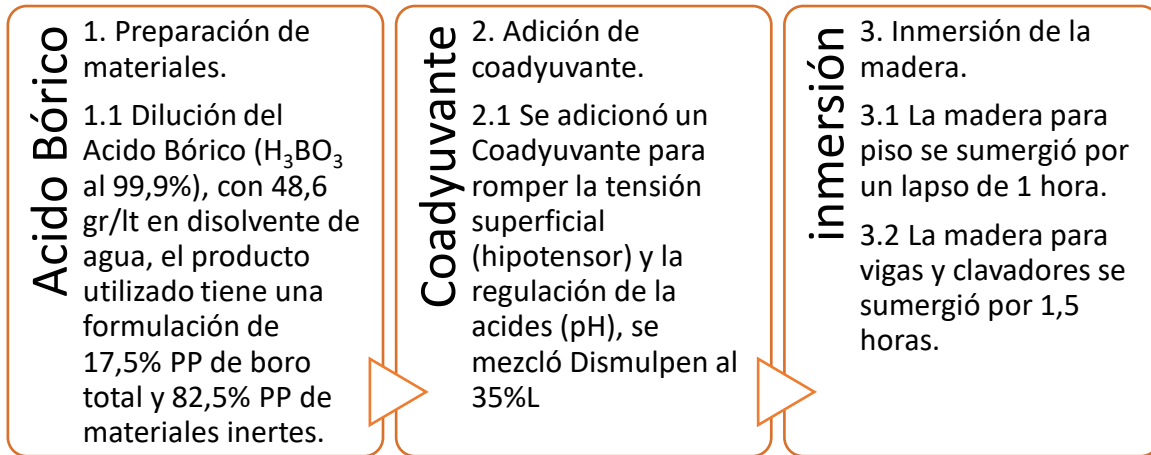
4.8.1 Método del mecanismo de inmersión en el preservante

En la Figura 12 se muestra el proceso de preparación y dosis para la inmersión de la madera tanto para piso, así como las piezas de vigas y clavadores. Se utilizaron 48,6 gr de ácido bórico por litro de agua como producto preservante únicamente, más un coadyuvante (el cual permite disminuir la tensión actividad del agua para hacerla más mojable), se utilizó una cantidad menor en comparación con otras evaluaciones efectuadas como en Hernández (2021), que utilizó hasta 130 g de producto

³ Pulg= 1 pulgada es estimada en 25 mm

por litro, ya que se ha observado en otros ensayos una sobresaturación de sales a temperatura ambiente, lo que produjo exceso y desperdicio (Berrocal, A. comunicación personal, 11 de junio de 2021).

Figura 12. Proceso para la preparación del producto preservante e inmersión de la madera



Fuete: Elaboración propia con información de la norma INTE C99:2014

4.8.2 Método de difusión en las piezas

Concluidas las mediciones con la madera verde, se procedió a la preservación por el método de inmersión- difusión. En la Figura 13 se muestra la pileta inoxidable que se utilizó, así como el acomodo y utilización del plástico en el método de difusión.

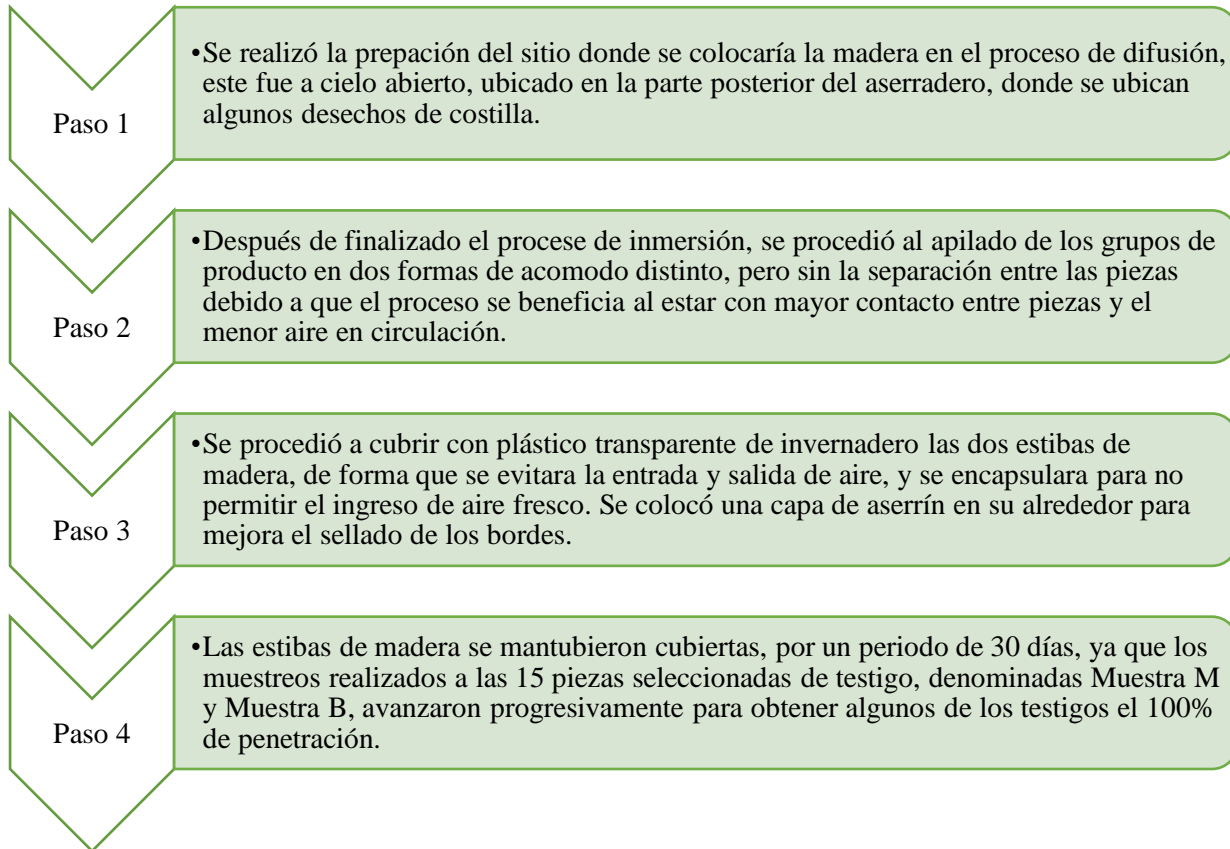
Figura 13. Proceso de inmersión de la madera para el tratamiento en sales de boro, y proceso de difusión en dos pilas por un periodo de 30 días



Nota: (1) Pileta inoxidable de inmersión en las sales de boro, (2) Estibas de madera en difusión. Elaboración propia con imágenes del momento en el proceso.

La Figura 14 muestra los pasos que se realizaron para efectuar el proceso de difusión en la madera que ha salido del proceso de inmersión por 1 hora para piso y 1,5 horas para vigas y clavadores.

Figura 14. Proceso para la difusión de la madera post inmersión



Fuente: Elaboración propia con información de la norma INTE C397:2020

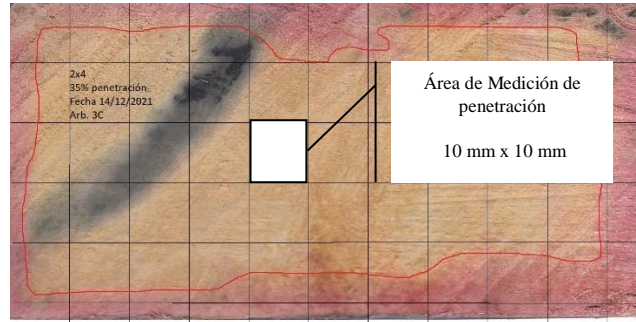
4.8.3 Método de evaluación del preservante (% penetración y retención de Boro)

Se utilizó un procedimiento para evaluar el porcentaje de penetración del preservante en la madera mediante un método colorimétrico, en la Figura 15 y Figura 16 se muestra estos procesos y formas de medición. Esta evaluación comenzó con las primeras muestras a los 8 días, luego se extrajeron muestras cada 5 días, obteniendo 6 muestras por pieza, para un total de 90 secciones evaluadas.

La identificación y cuantificación visual del área de penetración del boro se realizó mediante el uso de un escáner para digitalizar el corte transversal. Por medio de la geometría se realizó la medición del área de

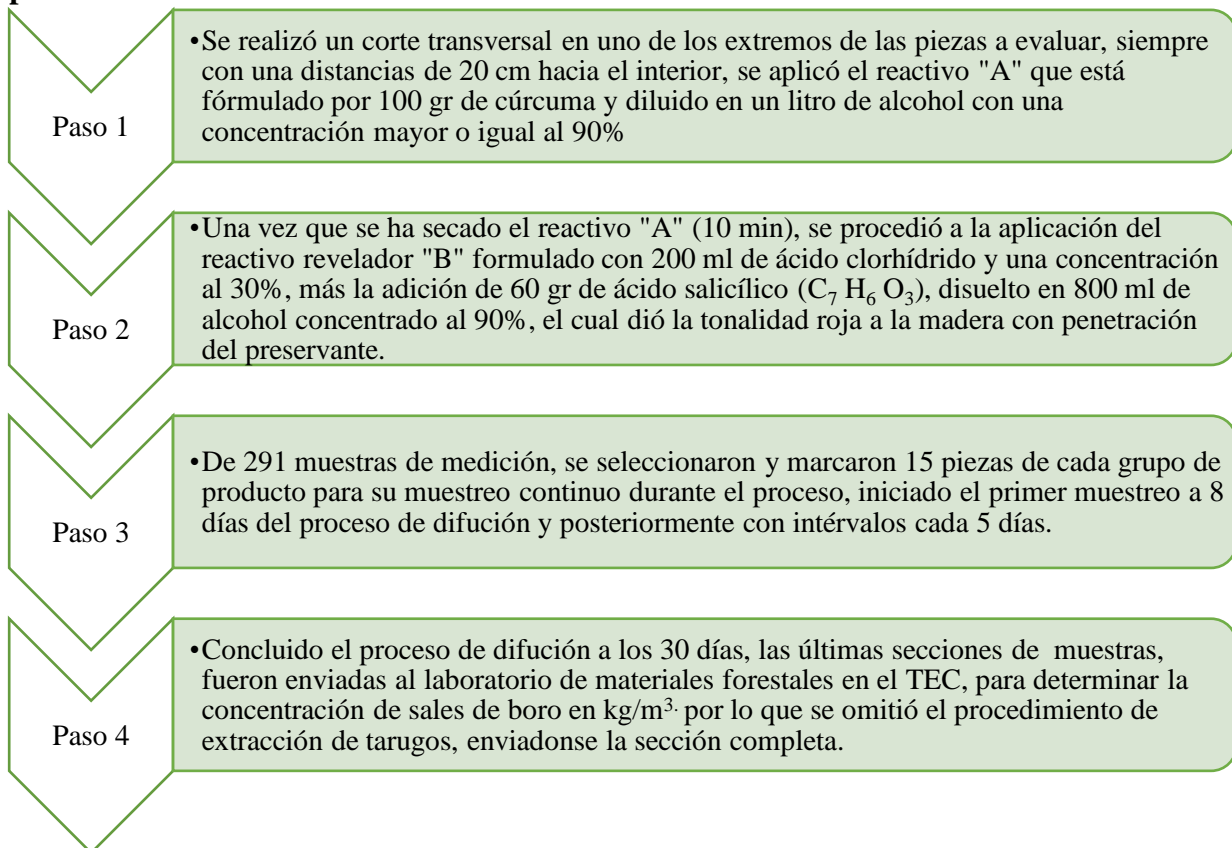
penetración del preservante, determinó utilizando cuadrantes de 10 mm x 10 mm, y se evaluó el cubrimiento de las sales de boro reveladas por el reactivo visible.

Figura 15. Medición de penetración de las sales de boro en el perfil de muestra de la madera aserrada



Fuente: Elaboración propia con las imágenes del ensayo.

Figura 16. Proceso realizado para la evaluación por método colorimétrico y toma de muestra para envío a laboratorio en determinación de la concentración de boro





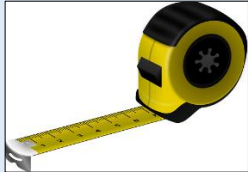
Fuente: Elaboración propia con información de la norma INTE C397:2020

Para determinar la retención final de boro, se enviaron 8 secciones del corte final de penetración al laboratorio de maderas del Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC) para su análisis. Utilizaron la técnica de extracción de tarugos para las muestras y determinación de la retención de las sales de boro.

4.9 Instrumentos de medición utilizados.

Se utilizaron los equipos del Cuadro 9 según lo solicitado por las Normas INTE C99:2014 para evaluación y clasificación. El higrómetro fue facilitado por la Escuela de Ciencias Forestales del Instituto Tecnológico de Costa Rica, por medio del convenio Interinstitucional del proyecto Cabagra (Camacho, R. comunicación personal, 11 de junio de 2021).

Cuadro 9. Instrumentos utilizados para medición. Elaboración propia con referencia a los elementos indicados en la Norma C99:2014.

Instrumento	Precisión o requerimiento	Imagen de Instrumento
Calibre, Vernier o Pie de Rey	0,01 mm y calibrado	 <p><i>Nota:</i> Reproducido https://piederey.org/wp-content/uploads/2018/07/vernier-calibre-pie-de-rey.jpg</p>
Medidor de humedad, Higrómetro.	$\pm 2\%$ según su especie y con capacidad de profundizar a 1/3 del espesor de la pieza.	 <p><i>Nota:</i> Reproducido https://materialesalicante.com/wp-content/uploads/2018/03/medidor-de-humedad.jpg</p>
Flexómetro de 5 m	0,5 mm	 <p><i>Nota:</i> Reproducido https://www.lifeder.com/wp-content/uploads/2017/12/flex%C3%B3metro.png</p>

Fuente: Elaboración propia

4.10 Almacenamiento de datos de campo.

La toma de datos fue almacenada periódicamente y en tiempo real por medio del formulario electrónico indicados, y posteriormente descargada a la base de datos en formato Excel, para la revisión, análisis y obtención de los estadísticos descriptivos (promedios aritméticos, desviación estándar, coeficientes de variación y el error estándar) del muestreo.

Para el análisis de los datos en preservación, se utilizaron las valoraciones colorimétricas periódicas, y la determinación definitiva de los resultados de retención, indicados por laboratorio, que fueron enviados al Instituto Tecnológico de Costa Rica para su determinación, el cual estuvo a cargo el Profesor Ing. Alexander Berrocal.

5. Resultados y discusión.

La especie evaluada como materia prima de *T. amazonia* posee inconvenientes históricos conocidos en el momento de su industrialización, como las rajaduras naturales en puntas de las trozas, las cuales estuvieron presentes en esta evaluación, previo a su procesamiento como se muestra en la Figura 17. Sin embargo, esto no fue motivo en el pasado con la madera proveniente de los bosques para no utilizarse como elemento constructivo. Otros factores pudieron influir en los resultados de calidad de la madera previa industrialización, éstos se relacionan con las condiciones de manipulación durante las operaciones forestales en campo (como el método de corte, el derribo, arrastre por la maquinaria y en el momento de la carga en plataforma), también es importante mencionar las labores del personal tanto de campo, como de la industria a cargo de estas tareas, cuya preparación, experiencia y habilidades adquiridas pueden influir en el procesamiento y transformación, y sin dejar de mencionar los equipos utilizados en el proceso de aserrío tanto primario y como secundarios.

Por lo tanto, es fundamental establecer una distinción clara al explicar los resultados de evaluación calidad de acuerdo con las normas mencionadas, con el objetivo de proporcionar resultados precisos y relevantes a los grupos de productos evaluados y la propia madera en sí, ya que de esto depende la claridad de información que pueda mencionarse, y ser tomada para la promoción en su uso constructivo de una madera que proviene de una plantación forestal con más de 25 años de crecimiento, el cual fue establecida con el fin de brindar madera de su homólogo del bosque natural, ya que el país requiere de materiales constructivos que sean confiables y duraderos, y nuestras especies nativas tienen estas cualidades.

Figura 17. Condición natural de las trozas de *T. amazonia* en el que presenta rajaduras naturales en los extremos.



Nota: (1) Rajadura en troza de 60 cm de diámetro, (2) tablón de 25 mm de grueso con rajaduras las cuales deben de reprocesarse.

5.1 Resultados generales en la aplicación de las normas (Pisos, Clavadores, Vigas) INTE C99:2014 y INTE C100:2020, para la madera verde.

La evaluación de la madera en verde se efectuó de manera inmediata, una vez aserrada las trozas y separada las muestras al a zar, para la aplicación de las normas correspondientes.

Se aplicó la norma INTE C99:2014 para todos los grupos de productos, preliminarmente en el tabloncillo (producto primario) que se utilizó para obtención final del piso, en sus 4 presentaciones, así como en las vigas y clavadores en verde, para la comparación cuantitativa en condición en seco.

- **Resultado de evaluación cuantitativa del grosor y ancho en tabloncillo para obtención del piso en verde, Norma INTE C99:2014**

En total se seleccionaron al a zar 219 piezas de tabloncillo para piso en largos de 2520 mm (94 pz) y 3360 mm (125 pz) respectivamente, como resultado, en la evaluación del **grueso** se obtuvo una sobredimensión al valor nominal requerido, esto es normal, y así posteriormente se procesó en la máquina machimbradora – cepilladora para el producto final de piso.

Una observación generada de estos datos, es sobre el valor del estadístico en la Desviación Estándar (S) los cuales se muestran en el Cuadro 10, y en forma de ejemplo para este caso, en la medida de grueso (G) del tabloncillo con medidas para el piso de (grueso 25 mm, 100 mm y 2520 mm de largo), con un promedio de 26,4 mm y un S de $\pm 1,4$ mm; si se restar una vez el valor promedio del grueso, menos una S ($\bar{x}G - S$), éste quedaría próximo al valor nominal final requerido en algunas piezas (25 mm), lo que implica que, en el momento de la realizar el machimbre y cepillado final, se disminuiría aún más la medida requerida para el producto final, con el riesgo de no cumplir con la medida mínimas de la Norma INTE C99:2014. Por tanto, debería para la obtención del grosor contar con una sobremedida del promedio aún mayor, en al menos +2 mm adicionales a los resultados.

Sobre los valores en **el ancho** de estas mismas muestras, también se obtuvo en el promedio una sobredimensión de la medida, sin embargo, al efectuar el mismo ejercicio con la desviaciones estándar, el cual está entre $\pm 2,5$ mm y $\pm 3,9$ mm respectivamente, éste permite que se disponga del ancho suficiente para que las reducciones por motivos naturales en las contracción de la madera por el secado natural, más las disminuciones que produce la maquinaria machimbre-cepillado en acabado final, cumplan con las dimensiones cuantitativas solicitadas del producto, y dentro de las tolerancias de la norma de calidad.

- **Resultados de evaluación cuantitativa del grosor y ancho en vigas y clavador en verde, Norma INTE C100:2020**

En **el grosor**, se obtuvieron para ambos (**viga y clavador**) valores promedio muy próximos al valor nominal al requerido (50,7 mm y 52,6 mm respectivamente), y una S de entre ± 2 mm y $\pm 2,5$ mm, el cual implica que, en el momento de un cepillado a cuatro caras, diferirán las dimensiones para su comercialización, lo que en la industria del aserrío denominan venta de producto con “medida comercial” y no la medida completa o nominal.

Para las medidas **del ancho**, el caso de **las vigas**, el promedio general está con una medida reducida, por debajo del valor nominal, y al interpretar los estadísticos de acuerdo al valor S, éste presenta un valor de $\pm 12,8$ mm lo que implica que algunas de las muestras no tienen la precisión requerida en sus 3 puntos evaluados y más aún, haya una reducción de la medida ya sea en puntas o en medio de la pieza, además presenta un CV del 13,3%, el valor más alto de todos los grupos de producto, indicando así que estas muestras a lo interno y entre ellas, no presentan consistencia dimensional. Estos resultados eventualmente en un uso con destino constructivo como es su fin, podría eventualmente influir principalmente en la estética y acabo, más que en la funcionalidad estructural.

Por otra parte, para **el ancho de los clavadores** se presentan una sobredimensión de +3,6 mm de promedio general, pero de igual forma, el S indica que las piezas no poseen precisión en esta medida, con un valor de $\pm 6,8$ mm, no hay homogeneidad en las piezas.

En un estudio similar en la especie de Melina, Bello (2019) indica que la pérdida de calidad repetido por espesor y ancho está relacionada con la calibración de las máquinas y el largo, debido a aspectos culturales. Se puede indicar en forma general que existen inconsistencias en el corte con la sierra de cinta para obtener esta medida, por las condiciones de afilado y desajustes en maquinaria.

Ahora bien, en estos dos últimos productos de vigas y clavadores, la norma vinculante INTE C100:2020 le exige no perder más de 11 mm en cada una de las dos medidas, de mantenerse estas piezas sin cepillo y un uso tal cual están, ambos estarían cumpliendo con la normativa (Tabla 1, pág. 44). Es por esto que se sometió a un proceso de cepillado posterior y en condición seca para evaluar su cumplimiento dimensional, el cual se comentará en la sección de evaluación de la madera seca.

En el Cuadro 10 se muestran los resultados estadísticos descriptivos de la valoración de la madera en verde para todos los grupos de producto.

Cuadro 10. Resultados de la evaluación de los grupos de producto en condición verde de acuerdo a la norma INTE C99:2014

Resumen evaluación de especie <i>Terminalia amazonia</i> , Condición Verde, Norma INTE C99:2014, 1° trimestre de 2022.									
Grupo de productos y medidas nominales	n Verdes	Espesor (grosor) (mm)				Ancho (mm)			
		Promedio Obtenido (mm)	S ± mm	E (±)	CV %	Promedio Obtenido (mm)	S ± mm	E (±)	CV %
Piso, G (25 mm), A (100 mm), L2520	28	26,4	1,4	0,27	5,3%	109,8	2,5	0,47	2,3%
Piso, G (25 mm), A (100 mm), L3360	55	26,8	1,6	0,22	6,0%	106,6	2,7	0,36	2,5%
Piso, G (31 mm), A (125 mm), L2520	66	32,5	1,8	0,22	5,5%	130,6	3,5	0,43	2,7%
Piso, G (31 mm), A (125 mm), L3360	70	31,8	1,5	0,18	4,7%	128,9	3,8	0,45	2,9%
Viga SC, G (50 mm), A (100 mm), L3360	32	50,7	2,0	0,28	3,9%	96,1	12,8	1,83	13,3%
Clavador SC, G (50mm), A (75mm), L3360	25	52,9	1,9	0,38	3,6%	80,2	2,4	0,48	3,0%
Total	276								

G= Grosor, A= Ancho, SC= Sin cepillo, L= Largo, n= # de muestras, S= Desviación Estándar, E= Error típico, CV% = Coeficiente de Variación

Fuente: Elaboración propia

5.2 Resultados específicos en la aplicación de las normas en piso de 25 mm G, 100 mm A de 2520 y 3360 mm de largo, INTE C99:2014 para madera verde.

Se indica que los siguientes resultados, son el detalle de la evaluación inicialmente de la obtención de tabloncillos que se utilizaron para la fabricación de los pisos, posteriormente tratados en preservación y secos al natural, por lo que la valoración estuvo en función de obtener un primer producto en verde en razón que se cumplan las dimensiones finales, solicitadas por la norma de calidad INTE C99:2014.

- **Valoración del grosor en tabloncillo para el piso de 25 mm.**

El detalle para cada uno de los promedios obtenidos del grosor principalmente se puede observar en la Figura 18 y Figura 19, los cuales muestran falta de uniformidad de las piezas producidas, incluso esto para ambos largos muestreados, sin diferenciación visuales posibles, en ambos casos inclusive algunos de los promedios se encuentran por debajo del valor nominal requerido final. Esto en el reproceso siguiente suma un inconveniente, ya que la máquina machimbre – cepillo,

no corrigen algunas faltas de uniformidad de las piezas, por ejemplo, si éstas tienen un grueso inferior al calibrado en el momento del reproceso.

Esto se comentó líneas arriba, sobre la necesidad en el caso de los pisos, las sobremedidas son necesarias para que el desgaste de la madera en su preparación cumpla con las dimensiones solicitadas en la norma de calidad, pero al tener piezas con distintos gruesos, se tendrían como posibles resultados:

- En algunas piezas, un desperdicio adicional de material no presupuestado o estimado, en alguno de los puntos, ya sean cercano a las puntas, en la sección central de la pieza, o incluso en todo lo largo de éstas.
- En las partes con menor grueso, cercano al valor nominal o por debajo de este valor, se puede presentar el que no forme el machimbre, o no se cepille la pieza en algunas de las secciones, resultado en un acabado no conforme o con defectos visibles.

Para ambas circunstancias, lo correcto es lograr medidas de grueso por encima claro está del valor nominal, pero homogéneos en sus tres puntos de pieza, así como la mayor homogeneidad entre los promedios de las piezas, y con el menor valor posible de S, de forma que se aprecie en mediciones de muestreo, una rectilínea lo más horizontal posible.

Figura 18. Resultado de la evaluación del grueso de 25 mm G en 3 puntos de la pieza con 2520 mm de largo, para obtención de piso de T. amazonia de plantación con 26 años. 1er trimestre 2022. Madera verde

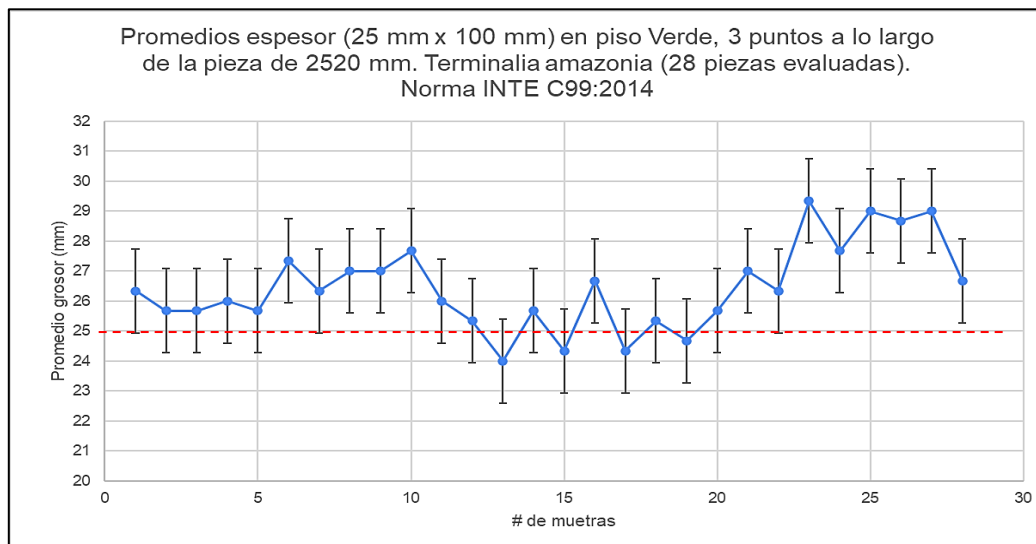
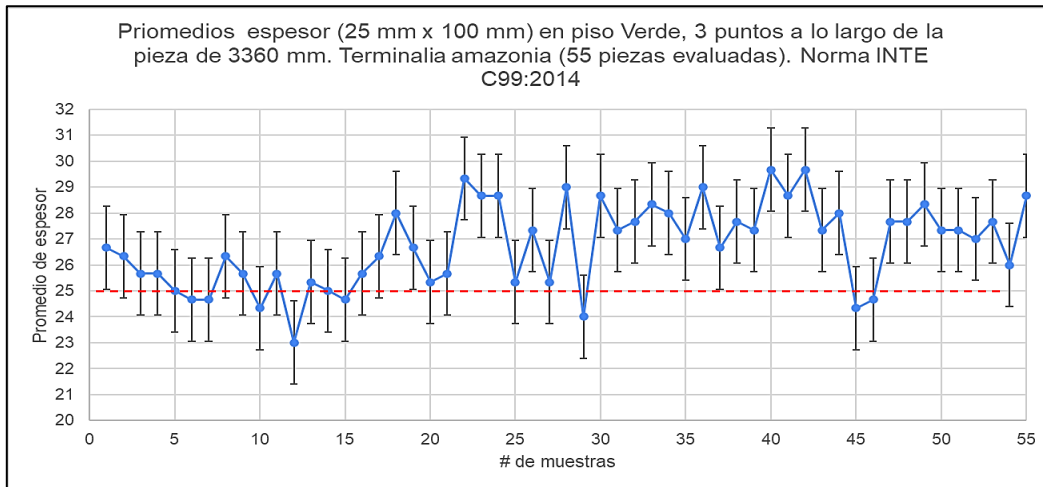


Figura 19. Resultado de la evaluación del grueso de 25 mm G en 3 puntos de la pieza con 3360 mm de largo, para obtención de piso de T. amazonia de plantación con 26 años. 1er trimestre 2022. Madera verde



- **Valoración del ancho en tablancillo para piso en 100 mm**

En la evaluación de los tablancillos para obtención del piso, específicamente el largo de 2520 mm, 22 piezas de las 28 en total, presentan promedios que mostraron una tendencia deseable de resultados previos al reprocesamiento, esto es: (1) una sobredimensión a la medida requerida previo al procesamiento, y (2) la uniformidad de las medidas promedio de los tablancillos, que en este caso se sitúan entre los 110 mm y los 112 mm, en la Figura 20 se visualiza esta tendencia, con excepción de algunos valores de muestra como el número 15, 17, 18, 19 y 23.

En los resultados de la medida de largo 3360 mm, de la Figura 21 no se observaron tendencias similares, con resultados promedio de las 55 piezas evaluadas las cuales no tiene una tendencia lineal y presenta variaciones entre el rango de los 101 mm a los 112 mm, resultados poco deseables, y demuestra que el aserrío primario en el ancho no es consistente en las medidas de calibración en el momento de la corta en la troza.

Es claro que se debe realizar las estimaciones de cuánto ancho adicional debe dejarse para obtener valores cercanos al nominal, y que las medidas promedio finales del producto de piso, cumplan y se clasifiquen entre la primera y segunda clase de calidad de acuerdo a la tolerancia permitida, de esta forma se logrará medidas más precisas y con la calidad deseada. Pero antes, se debería resolver el mejorar la homogeneidad del corte de la sierra, según se evidencia con estos resultados.

Figura 20. Resultado de la evaluación del ancho de 100 mm A en 3 puntos de la pieza con 2520 mm de largo, para obtención de piso de T. amazonia de plantación con 26 años. 1er trimestre 2022. Madera verde

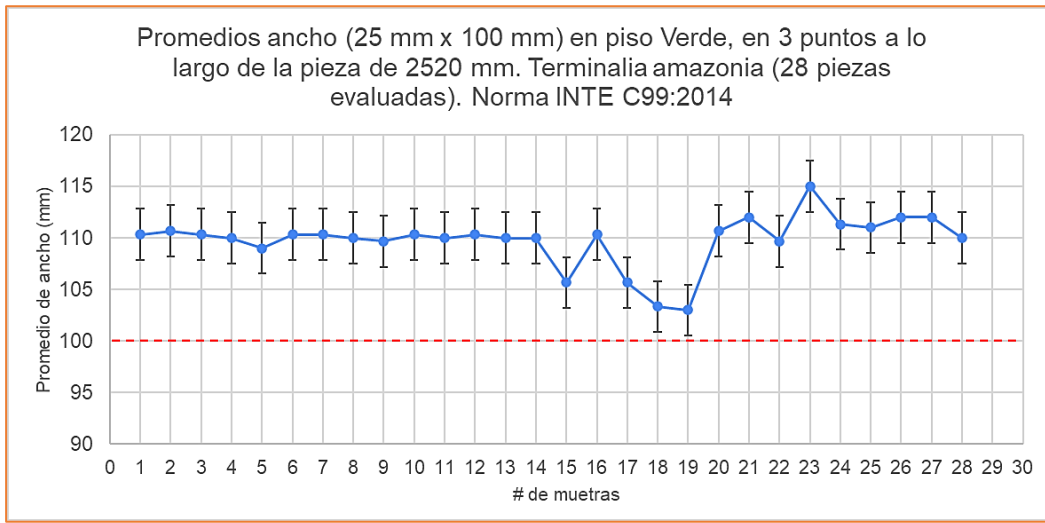
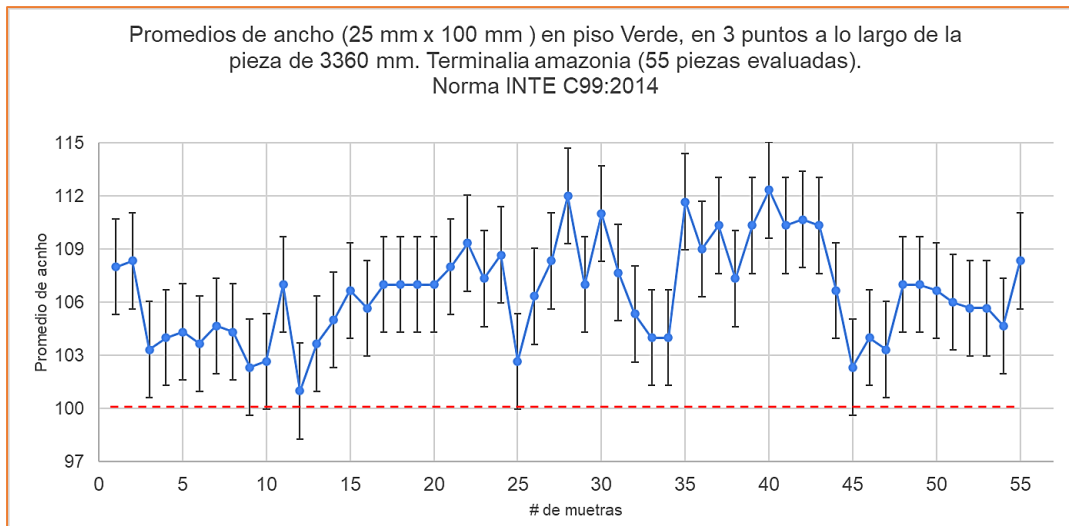


Figura 21. Resultado de la evaluación del ancho de 100 mm A en 3 puntos de la pieza con 3360 mm de largo, para obtención de piso de T. amazonia de plantación con 26 años. 1er trimestre 2022. Madera verde



- **Evaluación de defectos más representativos en estos grupos de producto.**

En el grupo de grosor de 25 mm, se encontró 2 unidades con nudos muertos en las puntas de pieza, con un promedio de tamaño de 30 mm y 35 mm, esto provocan un daño automático en las piezas y descarte de la sección con la presencia de este defecto. Así también, 14 piezas con presencia de corteza que las descarta en automático para continuar en el proceso por incumplimiento en las dimensiones, las dimensiones de la corteza presente en las tablas fueron de 1050 mm de largo.

5.3 Resultados específicos en la aplicación de las normas en piso de 31 mm G, 125 mm A en 2520 mm y 3360 mm de largo, INTE C99:2014 para madera verde.

Se efectuó la separación de las muestras y medición de otros grupos de producto con una variación tanto en el grueso como el ancho para pisos, el propósito de en evaluación en otras medidas fue realizar comparaciones de resultados con una medida que el mercado demanda para pisos con mayor calibre, así como determinar si estas medidas influyen en la mejora de los pisos.

- **Valoración del grosor en tabloncillo para piso en 31 mm**

En la variante del tabloncillo para obtener pisos **con grueso** de valor nominal de 31 mm, para las medidas de ambos largos de 2520 mm y 3360 mm, no hubo diferencia en los resultados de promedios de cada pieza, el resultado es comparable con la medida de evaluación de grueso anterior de 25 mm nominal, los resultados promedio continúan siendo variables y no se obtiene una línea media que demuestre uniformidad de individual de datos.

Como resultado destacado para estas mediciones, es una mayor cantidad de tabloncillo (21 piezas, el 31% en el largo de 2520 mm) están en el promedio o por debajo del valor nominal requerido (línea roja intermitente), en la Figura 22 y Figura 23 se muestra estos resultados. Es de esperarse que después del reproceso las medidas estarían aún más por debajo los valores de tolerancia de la norma,

Lo anterior indica que en algunos de las mediciones de los tabloncillos en verde, difieren en el grosor cuando se está aserrando y la sierra de cinta experimenta una desviación en el ingreso de la troza, ya sea en su sección intermedia o al final de ésta, las combinaciones posibles no se detallan en esta sección debido a que aún se requiere del reproceso en condición seca para verificarlas, si con esta acción no se mejora y no se cumple con los requisitos establecidos en la norma de calidad, es posible ir determinar en donde están los puntos de mejora.

Figura 22. Resultado de la evaluación del grosor de 31 mm G en 3 puntos de la pieza con 2520 mm de largo, para obtención de piso de T. amazonia de plantación con 26 años. Madera verde

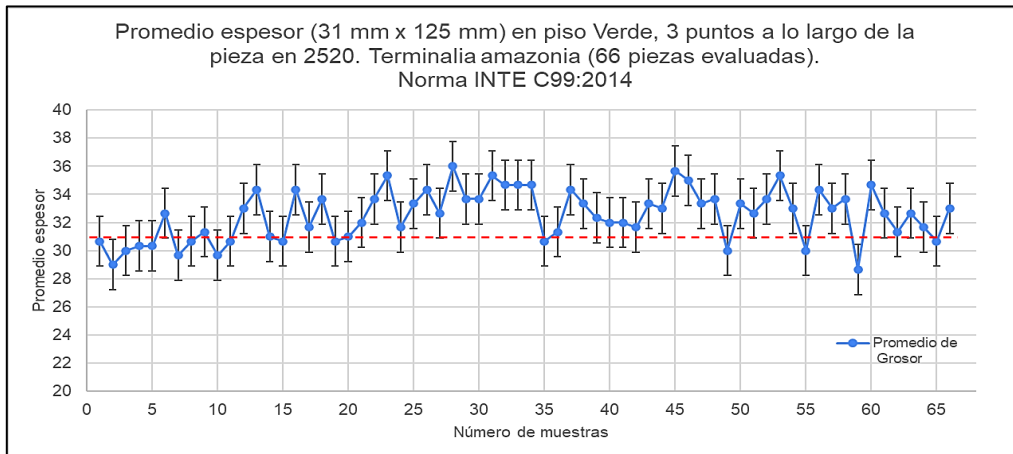
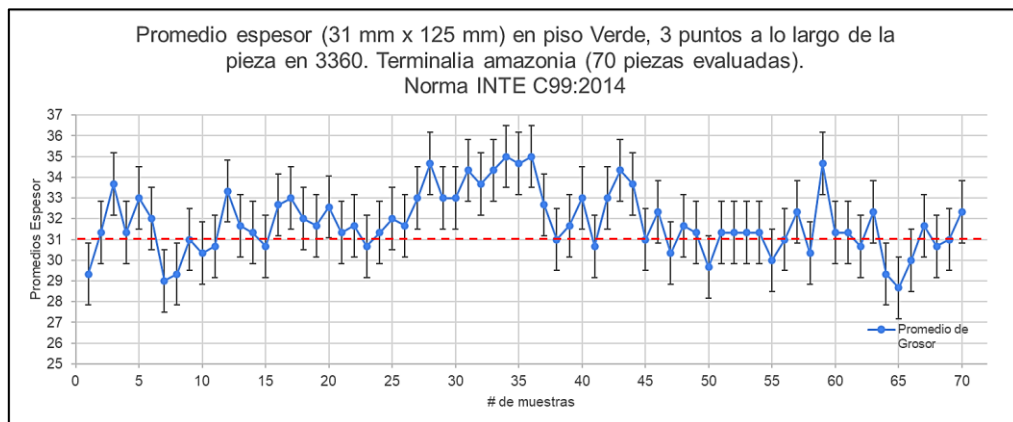


Figura 23. Resultado de la evaluación del grosor de 31 mm G en 3 puntos de la pieza con 3360 mm de largo, para obtención de piso de T. amazonia de plantación con 26 años. Madera verde



- **Valoración del ancho en tablancillo para piso en 125 mm Ancho**

Los resultados de la evaluación **del ancho** de 125 mm en ambos largos de 2520 mm y 3360 mm, presentaron una mejoría en la estabilidad de las mediciones promedio vrs el grosor, ya que hay mayor cantidad de piezas por sobre el valor nominal requerido (línea roja intermitente), pero principalmente una homogeneidad en los promedios de lo datos, que de forma visual puede apreciarse en el Figura 24 entre las piezas evaluadas del 1 al 21 y del 63 al 66, siendo una condición deseable para evitar pérdidas innecesarias de madera en el momento del reproceso en el acabado final del piso.

Debe indicarse que, al aplicar el estadístico de la S, en los promedios obtenidos, estos se encuentran entre la probabilidad de encontrarse muy cercanos al valor nominal del ancho, por lo que en la elaboración del producto final en la máquina de machimbre - cepillado, es posible que en algunas

de las secciones de las piezas (sea al inicio, intermedio o final) no cumpla con las medidas de producto y las tolerancias de calidad como en los otros grupos de producto previamente comentados.

Si se observan tanto la Figura 25 y la Figura 26, en esta clase de ancho de 125 mm, los resultados son los deseables en la estabilidad dimensional, por lo que la obtención de un producto con el aumento del ancho en la sección de madera, en apariencia beneficia este resultado con la madera recientemente procesada en condición verde.

Figura 25. Resultado de la evaluación del ancho de 125 mm A en 3 puntos de la pieza con 2520 mm de largo, para obtención de piso de T. amazonia de plantación con 26 años. Madera verde

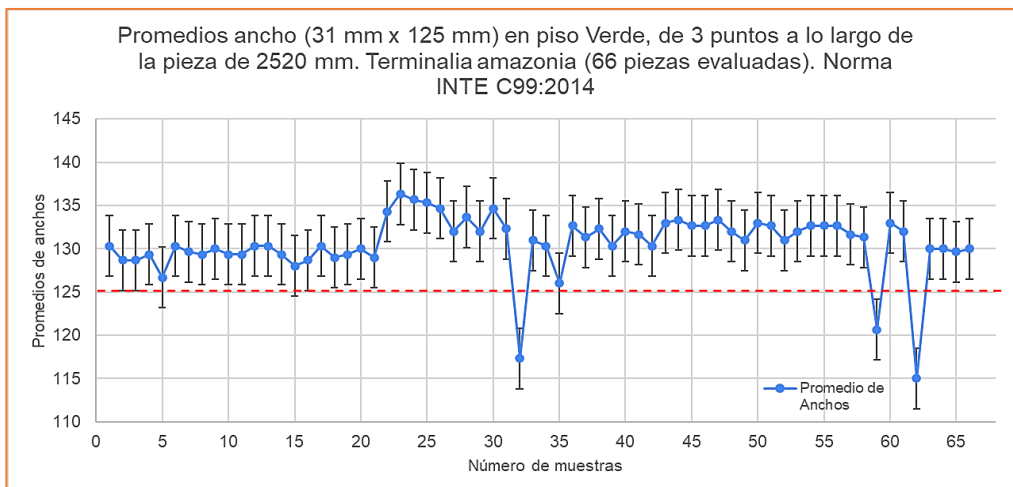
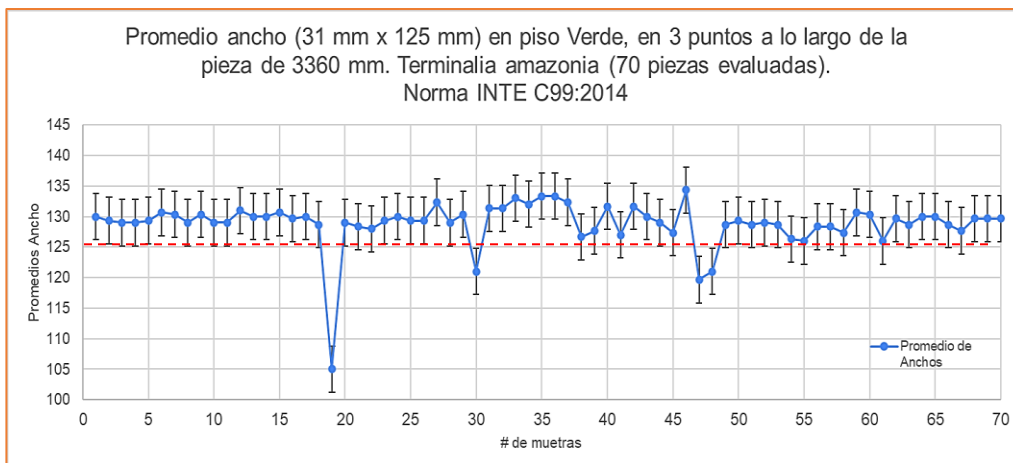


Figura 26. Resultado de la evaluación del ancho de 125 mm A en 3 puntos de la pieza con 3360 mm de largo, para obtención de piso de T. amazonia de plantación con 26 años. Madera verde



- **Evaluación de defectos más representativos en tabloncillo para piso de 31 mm G y 125 mm A**

En la primera evaluación de estos dos grupos de producto, las rajaduras son el principal defecto presente en el 12% de las piezas evaluadas con un largo promedio de 40 cm, en la Figura 27 se muestran algunos ejemplos, seguido de la presencia de corteza en el 10%, tanto en uno extremo, en ambos o a mitad de las piezas, se recuerda que la Norma INTE C99:2014 no admite piezas (con corteza) con esta condición en ninguna de sus 3 clases de calidad, debido al incumplimiento de las dimensiones, se debe por tanto descartarlas de los lotes en producción, aunque para efectos de esta evaluación se descartará solo algunas de ellas para continuar con los siguientes pasos de evaluación.

Figura 27. Defecto de rajadura más frecuente encontrado después del aserrado de la madera en piezas de 31 mm grueso, y 125 mm de ancho.



Nota: Las dimensiones de las rajaduras son de hasta 60 cm en las puntas.

5.4 Resultados específicos en la aplicación de las normas en viga de 50 mm G, 100 mm A y 3360 de largo, INTE C100:2020 para madera verde.

La evaluación del grupo de productos para vigas en verde, de acuerdo a la norma de uso estructural, las dimensiones promedio obtenidas tanto en el grueso como el ancho de las vigas, cumple dentro de las tolerancias admitidas al establecer el límite inferior en -11 mm, en las Figura 28 y 29 se aprecian los resultados de la evaluación.

Para estos gruesos y anchos, aún persiste resultados no uniformes en los promedios de medición de las piezas, el rango para el caso del grosor es hasta 9 mm, y en el ancho es de 7 mm, sin embargo, para el uso en estructuras las diferencias de dimensiones en menos de 10 mm entre cada una de estas muestras, pueden catalogarse como despreciables o resultados marginales aceptables, comparados con el valor de resistencia, que es afectado por otras condiciones y de mayor importancia, entre los cuales se pueden mencionar tamaño y ubicación de nudos, presencia de rajaduras, presencia

de corteza y torceduras (arqueado, acanalado, curvatura), estas condiciones descalifican y minimizan las adecuadas cualidades de trabajo estructural de estas piezas. De acuerdo al objeto y campo de aplicación de la norma para uso estructural, ésta es basada para especímenes libre de defectos (INTE, 2020, pág. 4).

Figura 28. Resultado de la evaluación del ancho de 50 mm A en 3 puntos de la pieza con 3360 mm de largo, para obtención de piso de T. amazonia de plantación con 26 años. Madera verde

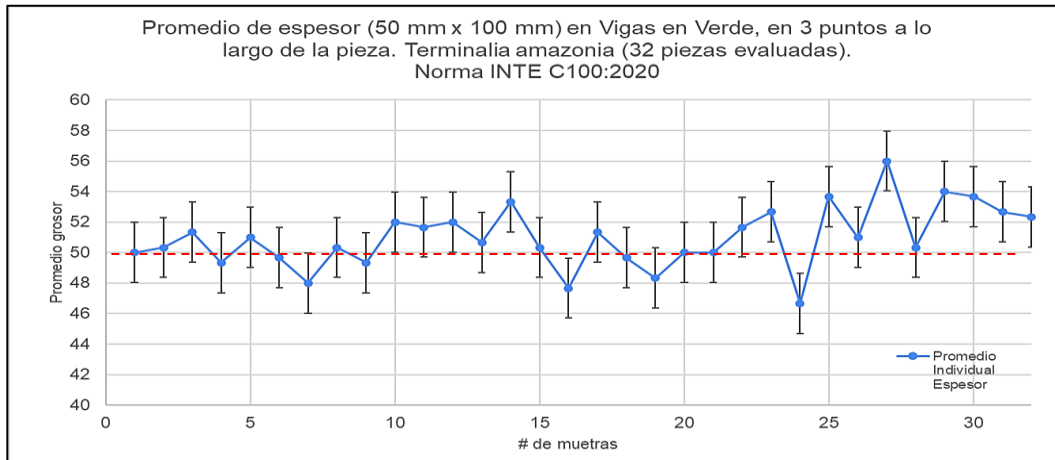
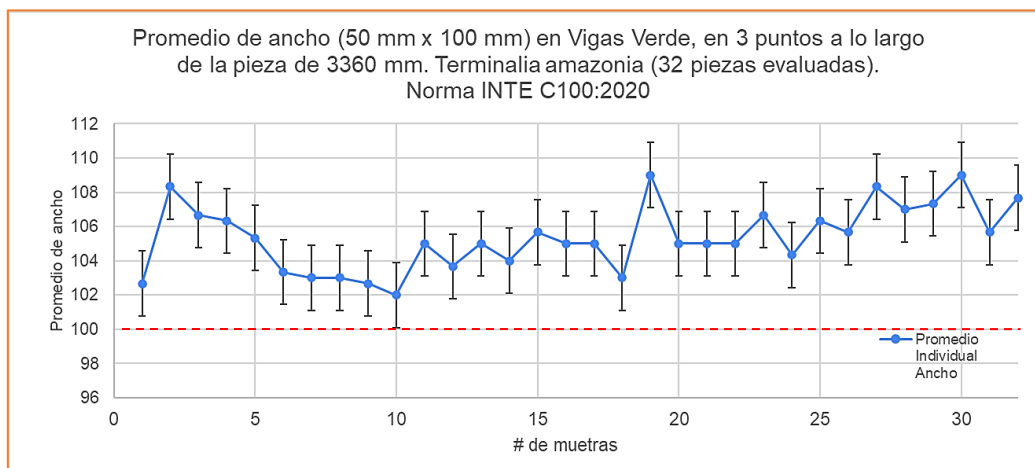


Figura 29. Resultado de la evaluación del ancho de 50 mm A en 3 puntos de la pieza con 3360 mm de largo, para obtención de piso de T. amazonia de plantación con 26 años. Madera verde



- **Evaluación de defectos más representativos en vigas de 50 mm G y 100 mm A**

En la evaluación cuantitativa y visual de estas piezas, se evidencia para esta madera de 26 años procedente de plantación forestal, las siguientes condiciones:

La presencia de nudos en el canto de las piezas se contabilizó para un total de 32 muestras, 24 de ellas contaban con nudos vivos, los cuales son admisibles, pero influyen negativamente en el valor de resistencia de las piezas, de los valores promedio el nudo con medida mínima promedio de 8 mm, un promedio de 33 mm y un tamaño máximo de 125 mm, y la moda fue de 12 mm. Por otra parte, las rajaduras que son fallas no admisibles en las piezas se contabilizaron 4 con esta condición, con un largo de 400 mm en promedio, y ubicadas principalmente en las puntas. En la Figura 30 se puede apreciar que esta madera recién aserrada no presenta rajadura evidente, pero se debe esperar a estar en la condición de humedad cercana o por debajo del 19% para ver su condición final.

Figura 30. Madera recién aserrada sin defectos visibles



Nota: Medidas de vigas de 50 mm de grueso, 100 mm de ancho y 3360 mm de largo, que en condición verde no presenta defectos visibles por rajaduras pronunciadas en las puntas.

5.5 Resultados específicos en la aplicación de las normas en clavador de 50 mm G, 75 mm A y 3360 de largo, INTE C100:2020 para madera verde.

En este grupo de producto en condición verde, no se presentan exclusiones por la falta de cumplimiento de las dimensiones mínimas solicitadas en la norma para el grueso y ancho de las piezas, el cual como se ha indicado es del valor nominal menos 11 mm de tolerancia máxima. Ver Figura 31 y 32.

Estas piezas de ser necesario un acabado con cepillo cuentan con 5 mm adicionales de perdida en el grosor, y de 7 mm promedio para el ancho de las piezas.

Sobre el comportamiento irregular de los productos en los promedios obtenidos, continúan presentándose hasta en este último grupo de productos, lo que se puede intuir que es una situación de la maquinaria, posiblemente vinculado con el afilado de las sierras y un desgaste natural que es propio de equipos con más de 20 años de trabajo en este sector de la industria.

En cuanto a los estadísticos descriptivos, es notorio indicar, que la desviación estándar para el grueso y ancho, son relativamente reducidos los resultados registrados, de $\pm 1,9$ mm y $\pm 2,4$ mm respectivamente.

Figura 31. Resultado de la evaluación del espesor de 50 mm en 3 puntos de la pieza con 3360 mm de largo, para obtención de clavador de T. amazonia de plantación con 26 años. Madera verde

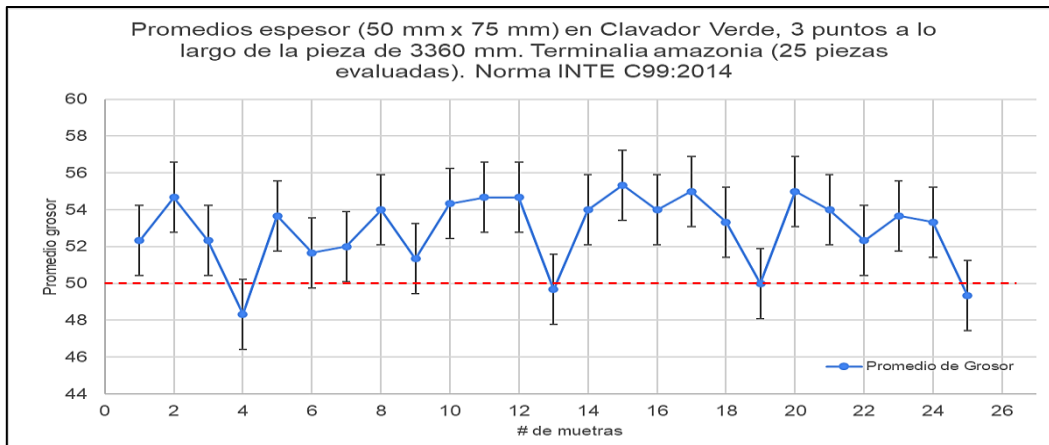
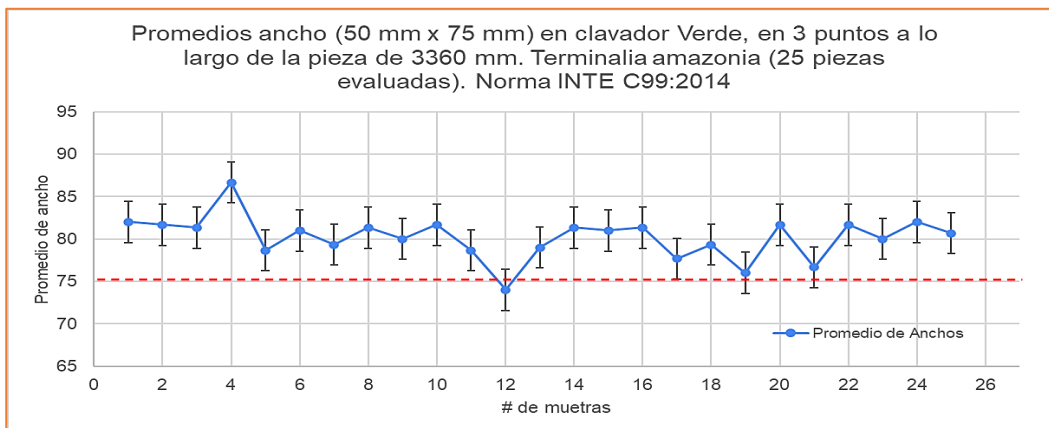


Figura 32. Resultado de la evaluación del ancho de 75 mm en 3 puntos de la pieza con 3360 mm de largo, para obtención de clavador de T. amazonia de plantación con 26 años. Madera verde



En la Figura 33 muestra la selección de las muestras al azar de este tipo de producto, en la que poco se evidencia deformaciones o defectos en su condición verde o recién aserrado.

Figura 33. Selección al a azar de muestras de clavadores recientemente aserrados.



5.6 Resultados generales en la aplicación de las normas (Pisos, Clavadores, Vigas), INTE C99:2014 y INTE C100:2020, para madera seca.

- **Valoración del grosor para piso en todos los grupos de producto**

La Norma INTE C99:2014 establece una regla general de pérdida post procesamiento mínima de -3 mm para la madera “aserrada de uso común”, tanto en grosor como en el ancho de las piezas, los resultados obtenidos en la evaluación del **grosor de las 222 piezas** en los grupos para piso, mostraron que 172 piezas (77%) no cumplieron con la evaluación de tolerancia mínima.

Para la clasificación por tipo de **calidades para los gruesos**, como segundo paso en la evaluación según la norma (INTE C99:2014, Tabla N°3), en el que se establece 3 tolerancias permitidas: Clase 1 (± 1 mm), Clase 2 ($\pm 1,5$ mm), Clase 3 (± 2 mm), para estos grupos de productos sólo una (1) pieza del total, clasificó como grado Clase 3, el 99% no ingresaron en alguna clasificación.

- **Valoración del ancho para piso en todos los grupos de producto**

Caso contrario sucedió con la evaluación de **los anchos**, de las 222 piezas medidas, se encontró que 164 piezas (equivalente al 73%) si cumplieron con el mínimo establecido. Este rango se determinó considerando el promedio de las piezas y comparándolo con el tamaño mínimo nominal menos -3 mm.

En el caso de las clasificaciones por tipo **calidades para el ancho**, de las 3 clases establecidas en la Norma (INTE C99:2014, Tabla N°3), se establece hasta el doble de los milímetros de tolerancia,

lo que admite en términos de clasificación y aceptación de sus desviaciones de acuerdo al valor nominal, un mayor rango de tolerancia, las medidas admitidas son: Clase 1 (± 2 mm), Clase 2 (± 3 mm), Clase 3 (± 4 mm).

- **Valoración del ancho para piso de 100 mm**

Para piezas con **100 mm de ancho** en dos tipos de largos (2520 mm y 3360 mm) con cantidades de 23 y 51 piezas respectivamente, el 86% y 62% clasificaron en la clase 1 (20 pz y 32 pz), esto representa en conjunto el 70% del total de las evaluadas con este ancho, el restante 30% clasificó en Clase 2, lo que sugiere que todavía hay margen de mejora para garantizar una mayor uniformidad en el ancho. Los promedios aritméticos para estos dos grupos de producto obtenidos fueron de 98 mm y 97,7 mm.

- **Valoración del ancho para piso de 125 mm**

En las piezas con **125 mm de ancho** en dos tipos de largos (2520 mm y 3360 mm), con 66 y 82 piezas respectivamente, el 81% y 45% obtuvieron más piezas en la clase 2 (54 pz y 37 pz) el cual representan un total de 61% del total, las demás clases obtuvieron valores marginales inferiores a un 20%, a pesar que ninguna pieza quedó excluida para esta medida, es necesario tomar acciones para mejorar la precisión en el ancho de estas piezas y garantizar un cumplimiento más uniforme con las tolerancias establecidas por la norma.

Sobre la **falta de planitud** principalmente en **el grueso**, puede atribuirse a factores como la desviación de la cinta: Las sierras de cinta tienen una hoja larga, ancha, pero delgada que tiende a desviarse ligeramente durante el corte, esta desviación puede deberse a las tensiones en la hoja que se le aplica montada en los rodines guía, ya que la falta adecuada de tensión, puede incorporar una variación más amplia de las frecuencias en vibraciones u oscilación en la cinta que provoca los defectos (Taylo. 1993), la adecuada tensión en la cinta es tan importante para evitar malos cortes, como si de afinar un instrumento musical se tratara al lograr buscar la adecuada frecuencia de vibración (Roman, K; comunicación personal; 12 de mayo de 2023), también pueden presentarse por irregularidades en el material de la cinta (soldaduras y arreglos periódicos) o imperfecciones por desgaste en los rodillos guía. Cuando la cinta se desvía o se pandea, el corte resultante no es perpendicular al plano de la troza o hilos, lo que conduce a una forma cónica en la primaras secciones de la piezas o forma de barril como en estos resultados (Santiago y Martines, 2017, pág. 8).

Otro aspecto tiene que ver con las **tensiones propias en la madera**: las tensiones de crecimiento y presencia de médula presente en las trozas como indica Moya et al. (2019, pág. 329), puede contribuir a la des-uniformidad en el grosor. La madera naturalmente contiene tensiones internas causadas por el crecimiento del árbol y las fuerzas ambientales. Al cortar la troza, estas tensiones se liberan y causan deformaciones en la forma de la madera. Dependiendo de la orientación del corte y la magnitud de las tensiones, se pueden producir piezas más delgadas en las puntas y más gruesas en el centro, como en este caso, en el que el grosor de las piezas de piso fue el que presentó mayor porcentaje de no conformidad.

Debe considerarse también la **desalineación del corte** durante el proceso de aserrado, ya que mantener un corte perfectamente alineado en toda la longitud de la troza es difícil, por lo anteriormente mencionado, tensiones del árbol, presencia de nudos o reventaduras internas, y así como elafilado de las sierras de cintas o el embotamiento de los dientes por resinas propias de la especie forestal, como indica Trejo et al. (2011) “la incidencia de filos poco precisos con aristas deterioradas, líneas de corte con poca agudeza y presencia de residuo metálico en forma de rebabas, mayor será la cantidad de productos o piezas aserradas que presenten variaciones dimensionales” estos mismos autores señalan específicamente sobre la influencia de la fricción de la cinta en la troza, así como la cara directa del corte del diente que puede verse saturada de virutas, provocando “una palpable dificultad para el seccionamiento de la madera ante una mayor o menor fragilidad del filo con abundancia de superficies irregulares, causando que la herramienta se comporte como una columna delgada sometida a esfuerzo compresivo, forzándola a alabear lateralmente durante la trayectoria del corte.” Trejo et. al. (2011). Pequeñas variaciones en la posición de la guía de la sierra, en el momento de ingreso de la troza a la cinta o en la velocidad de alimentación del material pueden hacer que el corte se desvíe ligeramente a lo largo de su longitud.

Sobre las evaluaciones en las tolerancias en **los largos**, la clasificación se considera de manera porcentual, de esta forma al establecerse el valor nominal requerido del largo, se determina al estimar $\pm 0,5\%$ para las piezas que ingresan a la 1er Clase, un $\pm 1\%$ para la 2° clase y un $\pm 1,5\%$ para las que ingresan en la 3°clase, según estos márgenes de tolerancias, de las 222 piezas, **66 piezas** clasificaron en la 1er clase (29,7%), **46 piezas** en la 2° clase (20%) y las restantes **110 piezas** (49%) no calificaron dentro de las tolerancias admitidas o fuera de estos rangos.

- **Resumen de los estadísticos descriptivos**

En el Cuadro 11 resume los resultados del **promedio, la desviación estándar (S), estimación del error, y coeficiente de variación (CV%)**, del grueso y ancho de las evaluaciones de cada uno de los grupos de producto, según lo solicitado por la norma de calidad INTE C99:2014 para madera aserrado de uso común. Esta sinopsis de resultados proporciona una visión general de la variabilidad y precisión en las medidas del grueso y ancho de las piezas de madera de *T. amazonia* evaluadas. La desviación estándar y el coeficiente de variación son indicadores importantes para evaluar la consistencia y precisión de las mediciones.

En el caso del grupo de productos para piso, para **el grueso** las desviaciones estándar son bajas, lo que indica mediciones precisas con respecto al promedio, y éstas son consistentes con las medidas de estimación del error, los cuales son menores a 1. Sin embargo, a pesar de mostrar alta precisión en las mediciones realizadas y datos estadísticos, estos promedios se alejan del valor nominal esperado, e incluso se salen de los mínimos de tolerancia de la Norma INTE C99:2014 en las clasificaciones de calidad.

Similar condición sucede con las medidas **del ancho** en pisos, donde los promedios son precisos, con S en la mayoría de los productos cercanos o menores que 1, pero de igual forma alejados de los rangos de tolerancia de la norma y poco consistentes con la medida del valor nominal esperado.

En los productos de **vigas y clavadores**, la valoración de los grupos de producto sin cepillo, determinaron que el promedio en el grueso es muy cercano al valor nominal requerido, no así para el ancho, que presentan promedios con una sobre medida requerida para ambos productos, de igual forma las respectivas S están dentro de los rangos aceptados por la norma en cuanto a la tolerancia mínima, como es el caso de estos mismos grupos de productos con cepillo, la maquinaria a eliminado en promedio 6 mm en el grosor y en el ancho 4,6mm para vigas y 7,5 mm en clavadores, con medidas de S muy precisas alrededor de estos promedios, con errores típicos menores que 1.

Cuadro 11. Resumen de resultados de grueso y ancho por grupo de productos evaluados con la Norma INTE C99:2014, madera aserrada *T. amazonia* (Amarillón) de plantación de 26 años. (1er Trimestre 2022, madera seca)

Resumen evaluación de especie <i>Terminalia amazonia</i> , Norma INTE C99:2014, 1° trimestre de 2022.									
		Espesor (grueso)				Ancho			
Grupo de productos y medidas nominales	n	Promedio Obtenido	S	E (±)	CV %	Promedio Obtenido	S	E (±)	CV %
Piso, G (25 mm), A (100 mm), L2520	23	21,4	0,6	0,12	2,7%	98,0	0,3	0,05	0,3%
Piso, G (25 mm), A (100 mm), L3360	51	21,5	0,6	0,09	3,0%	97,7	0,9	0,12	0,9%
Piso, G (31 mm), A (125 mm), L2520	66	26,0	2,3	0,29	9,0%	122,3	0,8	0,10	0,6%
Piso, G (31 mm), A (125 mm), L3360	82	27,3	1,3	0,15	4,8%	120,9	3,4	0,37	2,8%
Viga SC, G (50 mm), A (100 mm), L3360	19	50,3	1,7	0,40	3,5%	103,2	1,4	0,32	1,4%
Viga CC, G (50 mm), A (100 mm), L3360	12	44,8	0,3	0,09	0,7%	95,6	0,4	0,11	0,4%
Clavador SC, G (50mm), A (75mm), L3360	28	50,9	2,0	0,38	3,9%	77,4	2,6	0,48	3,3%
Clavador CC, G (50mm), A (75mm), L3360	10	44,5	0,7	0,21	1,5%	67,5	1,7	0,53	2,5%
Total	291								

G= Grosor, A= Ancho, SC= Sin cepillo, CC= Con cepillo, L= Largo, n= # de muestras, S= Desviación estándar, E=Error típico, CV= Coeficiente de Variación

Fuente: Elaboración propia

Observaciones preliminares:

- Las medidas obtenidas y evaluadas en la madera seca evidencian que, en los productos de mayor valor agregado, como son los pisos, el industrial está perdiendo calificaciones de calidad, ya que estos no cumplen las medidas de tolerancia mínima esperadas del valor nominal, principalmente en la medida del grueso, y como consecuencia una merma en productividad del volumen final de cada pieza procesada para la venta. Sin embargo, debe diferenciarse que esto no es consecuencia de la especie, sino de aspectos posiblemente achacables a la maquinaria, la cual requiere de ajustes y calibraciones.
- Por los niveles de tolerancia en las dimensiones según la Norma INTE C100:2020, para madera de uso estructural, las piezas de vigas y clavadores son un producto que cumple conforme para su venta final ya que están aún dentro de los márgenes de tolerancia, pero se debe mejorar la estabilidad dimensional, próxima al valor nominal esperado del producto a industrializar, ya que las medidas individuales en cada una de las mensuras son poco exactas a lo esperado por lo que indica la norma. No obstante, para los fines de uso estructural la madera de *T. amazonia* tiene la popularidad de ser una madera resistente.
- **Valoración en los defectos más frecuentes.**

Sobre las evaluaciones por **defecto más frecuente**, según la Norma INTE C99:2014, establece los 22 tipos de clasificación a considerar para la evaluación visual, de éstas las rajaduras en

las puntas de las piezas es el más frecuente, dando una clasificación entre 1er y 3° clase en calidad, las longitudes promedio de estas rajaduras fueron de 350 mm. Según indica Moya et al (2019, pág. 331), en el momento del secado de la madera aparecen nuevas grietas, rajaduras o reventaduras en los extremos de las piezas, mismas condiciones encontradas para esta madera de 26 años de edad. Sin embargo, este defecto podría disminuirse si las condiciones del proceso de secado mejoran, por ejemplo, si es puesta totalmente a la sombra, sin radiación solar directa, y con ventilación natural que favorezca corrientes de aire.

Un segundo defecto anotado fue el taladrado de las piezas causado por escarabajos, principalmente encontrado en el grupo de piso de 25 mm grueso, 100 mm de ancho y 2520 de largo, pero focalizada en piezas que provenían del árbol marcado en campo como #3, en el que se contabilizaron 12 piezas (52%) de 23 totales con esta condición, el hallazgo no fue generalizado.

La identificación del escarabajo perforador es de la superfamilia Bostrichoidea y del género Lícidos ver ejemplo en la Figura 34, el cual se identifica por dejar residuos de perforación de tipo pulverizados, algunos se localizaron con vida, otros ya muertos cercanos a la superficie de las piezas, en el entendido que las sales de boro hicieron el efecto de protección contra estos xilófagos; debe indicarse que estos escarabajos atacan madera con contenidos de humedad media-baja (Berrocal, A. comunicación personal, 23 de mayo de 2023), condición que presentaba la madera en su momento de evaluación.

Figura 34. Xilófago del género Lícidos localizado en algunas piezas evaluadas del grupo de pisos



Sobre este hallazgo y daño en la madera, se debe indicar, que la ubicación donde se procedió a secar la madera por los 30 días, es un lugar donde se ubican otros residuos del procesamiento de la industria, con cercanía a un paso de agua, y con alta vegetación a su alrededor, esto aumenta las posibilidades de la presencia previa de insectos en el sitio y la exposición a plagas trasladadas desde otras partes, por troncos que abastecen el aserradero, por lo que es posible que la presencia en el sitio de estos escarabajos, estuviesen de previo y no necesariamente hayan provenido desde el campo en

el interior de la madera. Esto conlleva a considerar medidas preventivas para este proceso con respecto a la especie *T. amazonia*.

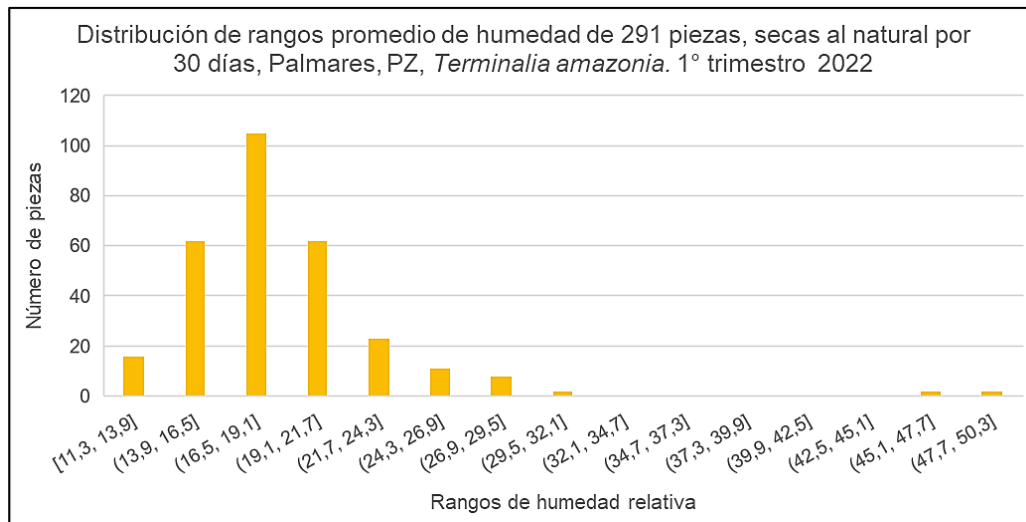
- **Valoración de los resultados de humedad**

Sobre los resultados de la evaluación de **la humedad**, la Norma INTE (2014, pág. 12) establece como madera seca un contenido de humedad final con valores $\leq 19\%$, en la evaluación a 30 días de secado al natural, se obtuvo que un 62% alcanzó esta clasificación de 291 piezas evaluadas, las restantes piezas llegaron a medir rangos entre 20% al 30%, en la Figura 35 se muestra la distribución de estas mediciones.

Los datos obtenidos presentan similitudes con los reportados por Moya (2019) considerando piezas con grosor similar. Según este autor la madera proveniente de "plantaciones jóvenes" puede alcanzar contenidos de humedad $\leq 20\%$ en un período de 35 días o menos secos al aire, para gruesos de tablas en grueso entre 2,5 cm a 5 cm.

Lo destacable sobre estos resultados, es la capacidad de la especie *T. amazonia* para un proceso de secado rápido al natural, esto comparativamente contra otras especies utilizadas en plantaciones forestales, por ejemplo, comparado con la melina que requiere hasta 145 días para gruesos de 2,5 cm y de 366 días para gruesos de 5 cm (Moya et al. 2019, pág. 446).

Figura 35. Evaluación del contenido de humedad para 291 piezas medidas para la especie Terminalia amazonia, con 30 días de secado al natural. (1er trimestre de 2022, Palmares de Pérez Zeledón)



Con relación a los diferentes grupos de productos y su **contenido de humedad final**, en el **grupo para pisos**, el de menor dimensión (25 mm x 100 mm con 2520 mm de largo) logró cumplir

con el requisito establecido en la norma INTE C99:2014, que indica un porcentaje igual o menor al 19% de humedad. Sin embargo, los otros tres grupos de productos estuvieron cercanos de alcanzar el promedio mínimo requerido, con una diferencia de menos del 2,5% de acuerdo con el promedio general en cada grupo. En el Cuadro 12 se presentan los resultados de las mediciones finales.

Por otro lado, en los grupos de productos destinados a **uso estructural**, los cuales presentan un mayor grosor y ancho, los promedios obtenidos de cada grupo, lograron reducir su contenido de humedad por debajo del 19%, sin mayores diferencias si estos estuviesen o no cepillados. Se hace la aclaración, que estos grupos tuvieron los mismos procesos de ubicación, separación, apilado y días de secado que el grupo de productos de piso.

Cuadro 12. Promedio de porcentaje de humedad final por grupo de producto a 30 días de proceso con secado natural. Elaboración propia

<i>Evaluación de Humedad final, Norma C99:2014, Terminalia amazonia (Amarillón), 1° trimestre de 2022.</i>						
		<i>Humedad final 30 días seco natural</i>				
<i>Grupo de productos y medidas nominales</i>	<i>n</i>	<i>Promedio</i>	<i>S</i>	<i>E (±)</i>	<i>CV %</i>	
Piso, G (25 mm), A (100 mm), L2520	23	18,4	2,6	0,54	14%	
Piso, G (25 mm), A (100 mm), L3360	51	21,5	1,8	0,09	3%	
Piso, G (31 mm), A (125 mm), L2520	66	20,1	4,0	0,50	20%	
Piso, G (31 mm), A (125 mm), L3360	82	20,3	3,4	0,40	17%	
Viga SC, G (50 mm), A (100 mm), L3360	19	17,1	2,5	0,57	14%	
Viga CC, G (50 mm), A (100 mm), L3360	12	18,3	3,6	1,03	20%	
Clavador SC, G (50mm), A (75mm), L3360	28	17,5	1,7	0,32	10%	
Clavador CC, G (50mm), A (75mm), L3360	10	17,8	2,1	0,65	12%	
Total	291					
<small>G= Grosor, A= Ancho, SC= Sin cepillo, CC= Con cepillo, L= Largo n= # de muestras, S= Desviación estándar, E=Error típico, CV= Coeficiente de Variación</small>						

Observaciones preliminares:

- El proceso de secado al natural de la especie *T. amazonia* es un método pertinente para esta especie por los pocos días que se requieren para bajar su contenido de humedad próximos al valor establecido por la norma, sin necesidad de hornos de secado, esto es una buena noticia para el sector industrial, ya que implica menores costos de inversión, como una bodega temporal de almacenaje que evite el sol directo, la lluvia y permita corrientes de aire.

- Mejorar las condiciones de secado, como una ubicación completa a la sombra, con flujos de corrientes de aire, y un emplantillado con separadores horizontales, hará posible que en menos de un mes plazo disminuya el contenido de humedad requerido por la norma.
- Ofrecer madera seca es parte de la estrategia comercial de la industria, al brindar un producto que cumple con las recomendaciones de humedad de trabajo, así también como material curado para mayor durabilidad y ajustado a medidas reguladas por estándares nacionales. Actualmente el mercado nacional ofrece muy poco material de maderas nativas con estas características.
- Por la presencia de plagas habituales que provienen en la madera de campo, el industrial requiere un programa calendarizado de tratamiento preventivo en patio de industria, para evitar infestación o propagación, y evitar la contaminación de maderas que estén libres de plagas.

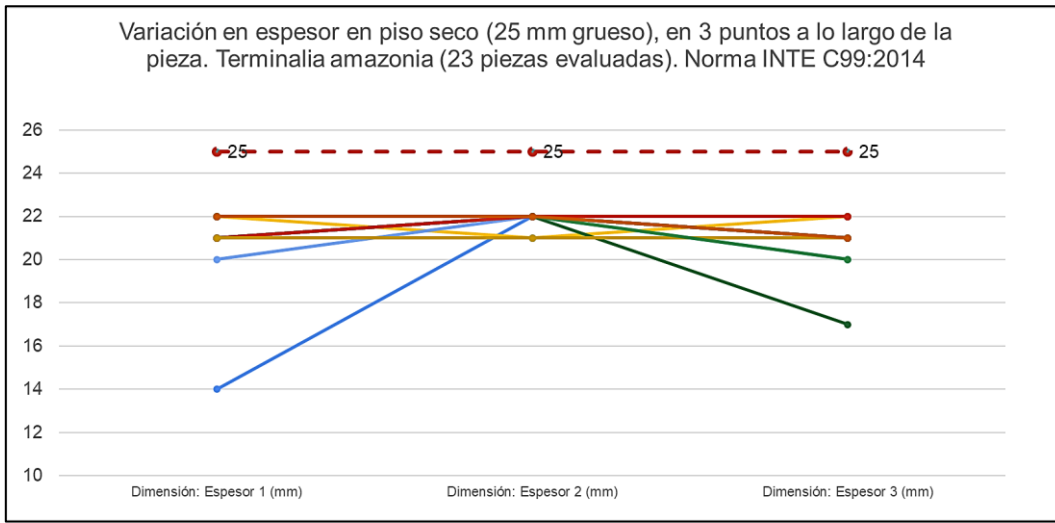
5.7 Resultados específicos de evaluación en piso de 25 mm de espesor, 100 mm ancho y 2520 mm de largo (seco).

Durante las evaluaciones de las dimensiones del producto para pisos, se realizaron mediciones que arrojaron un promedio de grosor de 21,3 mm, con un Coeficiente de Variación (CV) de las muestras del 3%. Esto indica que las desviaciones de las medidas con respecto al promedio se mantuvieron cercanas a estas medidas, sin variaciones superiores al 5%. Aunque esto se encuentra fuera de los parámetros de tolerancia de la norma, se observa una relativa uniformidad en las muestras. Otros estudios, como el de Bello (2019), reportan valores inferiores al 5% en el CV para productos similares.

El valor promedio obtenido con respecto al mínimo permitido se distancia en -1,7 mm, esta medida dejó las 23 piezas (el 100%) fuera de la clasificación de algunas de las 3 calidades establecidas. La poca tolerancia (8% de reducción máxima) en el grueso, es una medida que no permite ingresar piezas en alguna categoría de calidad en este ejercicio.

En la Figura 36 se muestran los resultados de todas las piezas en los 3 puntos evaluados a lo largo de la pieza. Las mediciones obtenidas se mantuvieron en un rango de grosor de 20 mm a 22 mm, el aparente comportamiento de la sierra de cinta al ingresar la troza (cabeza de sierra), solo logró mantener la planitud del corte en 2 piezas (8%) de las 23. En las demás piezas, se observaron reducciones de grosor en las entradas y salidas de la sierra de cinta, y ensanchamientos en el centro, e incluso efectos inversos.

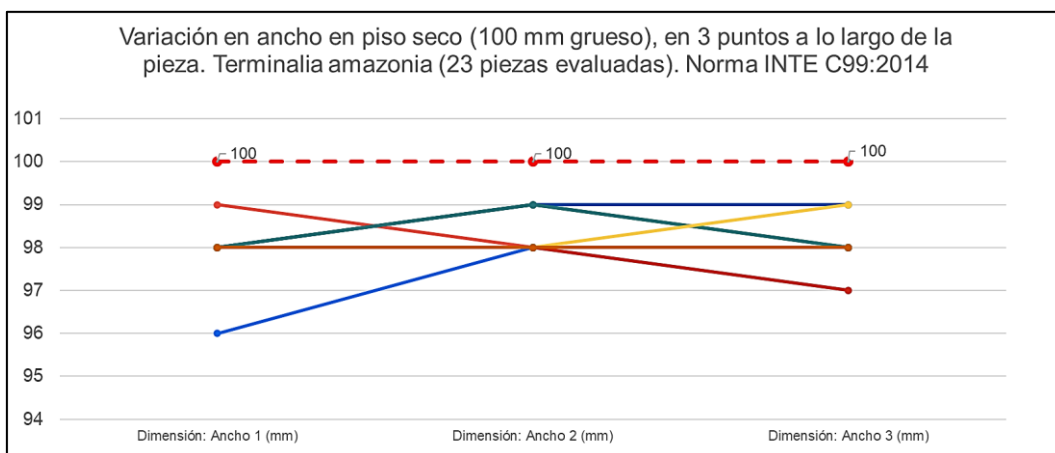
Figura 36. Resultado de la evaluación del grosor de 25 mm en 3 puntos de la pieza con 2520 mm de largo, para piso de *T. amazonia* de plantación con 26 años. (1er trimestre de 2022, Palmares de Pérez Zeledón)



Nota: La línea roja intermitente indica el valor nominal de la pieza en grosor. Las unidades en el eje de las "Y" refieren a milímetros (mm) en cada punto de toma de medición

Sobre la evaluación en el ancho, presenta de igual forma falta de planitud que el grosor, sin embargo, las desviaciones de estas medidas se encuentran en ± 1 mm con respecto al promedio aritmético y la medida de moda de esta medición de 98 mm. En la Figura 37 se observan los resultados de las mediciones.

Figura 37. Resultado de la evaluación del ancho de 100 mm en 3 puntos de la pieza con 2520 mm de largo, para piso de *T. amazonia* de plantación con 26 años. (1er trimestre de 2022, Palmares de Pérez Zeledón)



Nota: La línea roja intermitente indica el valor nominal de la pieza en grosor. Las unidades en el eje de las "Y" refieren a milímetros (mm) en cada punto de toma de medición.

Como fue indicado líneas arriba, la tolerancia de hasta 4 mm en el ancho de las piezas, permite que el 100% (las 23 piezas) ingresen en alguna clasificación de calidad del ancho, pero debe

conjuntamente cumplir con las calidades de grosor, que en este producto no cumplió en ningún porcentaje de acuerdo con la Tabla N°3 de la norma INTE C99:2014. En el Cuadro 13 siguiente se muestra la distribución de calidad para el ancho de este piso.

Cuadro 13. Clasificación por calidad en ancho para piso 25 mm de espesor, 100 mm ancho y 2520 mm de largo (seco), *T. amazonia*. (1er trimestre de 2022, Palmares de Pérez Zeledón)

Rangos de Clase	% clasificado
Clase 1 (± 2 mm)	87%
Clase 2 (± 3 mm)	13%
Clase 3 (± 4 mm)	0%
Fuera de Clase	0%

Observaciones preliminares:

- Continuar la producción sin corregir o mejorar el proceso de corte en la sierra de cinta para el grosor, resultará en la producción continua de piezas incompletas, lo que conllevará una pérdida del 15% de material y una reducción promedio de 3,5 mm en el grueso de madera.
- Una desviación de 1,5 mm por debajo de las especificaciones establecidas para el grosor implica que cada 16 piezas producidas, el industrial dejará de fabricar una pieza con un grosor de 25 mm, según lo requerido por las normas.
- El incumplimiento de una sola medición en las piezas dará lugar a la falta de conformidad de todo un lote de producción, lo que disminuye su categoría de calidad, y como consecuencia, tendrá implicaciones económicas en términos de ingresos no obtenidos.

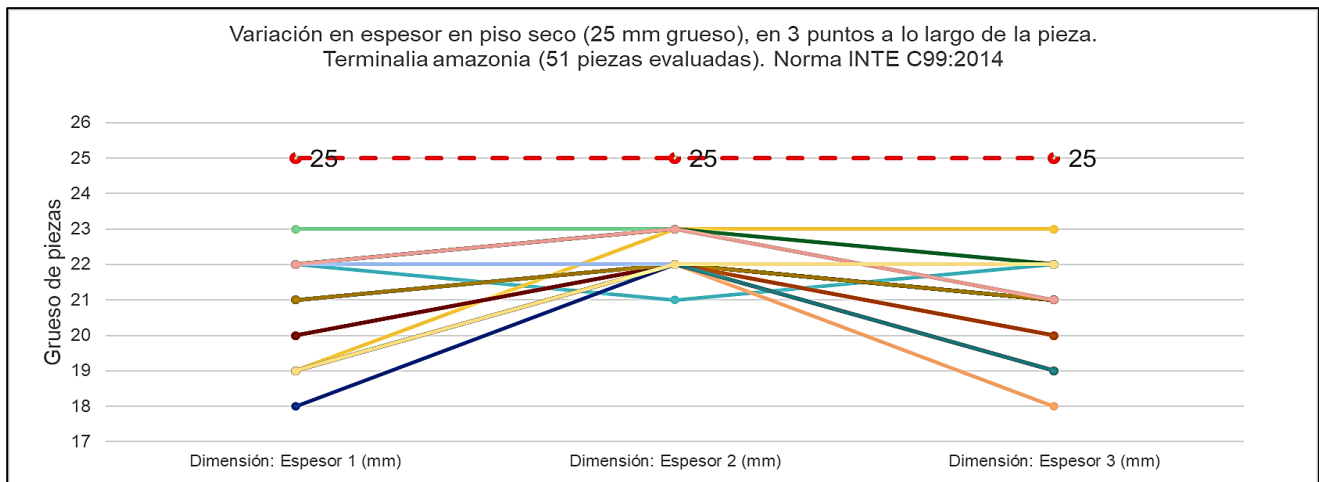
5.8 Resultados específicos de evaluación en piso de 25 mm de espesor, 100 mm ancho y 3360 mm de largo (seco).

Este tipo de piso con mayor longitud (con 840 mm más) obtuvo para **el grueso** un promedio aritmético de 21,5 mm y un CV del 3%, similares resultados que el piso con el largo de 2520 mm, estos resultados son similares a los obtenidos en las medidas del largo de piezas de 2520 mm, lo que se podría indicar que no hay influencia en las variaciones del grosor por el tipo de largo de las piezas obtenidas.

Sin embargo, al evaluar las desviaciones con respecto al grosor mínimo, menos el valor nominal permitido (-3 mm), quedan por fuera las 49 piezas que representan el 98%, y sólo 1 pz ingresa en clase 3.

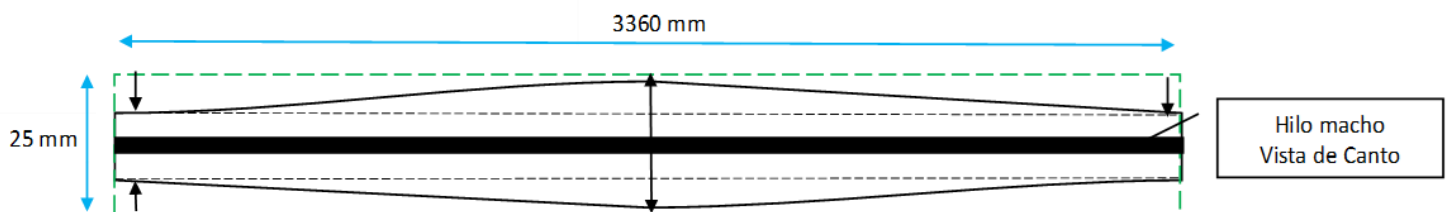
Se evidencia en este grupo, nuevamente un patrón notorio observado en la Figura 38, con las desviaciones de la sierra de cinta durante el corte, originados por aspectos que se han discutido líneas arriba, el cual, provoca de esta manera un patrón de “barril”, si se observar la pieza desde una vista superior por el canto como en la Figura 39 se puede notar esta falta de planitud y uniformidad en el grueso a lo largo de la tabla de piso.

Figura 38. Resultado de la evaluación del grosor de 25 mm en 3 puntos de la pieza con 3360 mm largo, para piso de *T. amazonia* de plantación con 26 años. (1er trimestre de 2022, Palmares de Pérez Zeledón)



Nota: La línea roja intermitente indica el valor nominal de la pieza en grosor. Las unidades en el eje de las “Y” refieren a milímetros (mm) en cada punto de toma de medición.

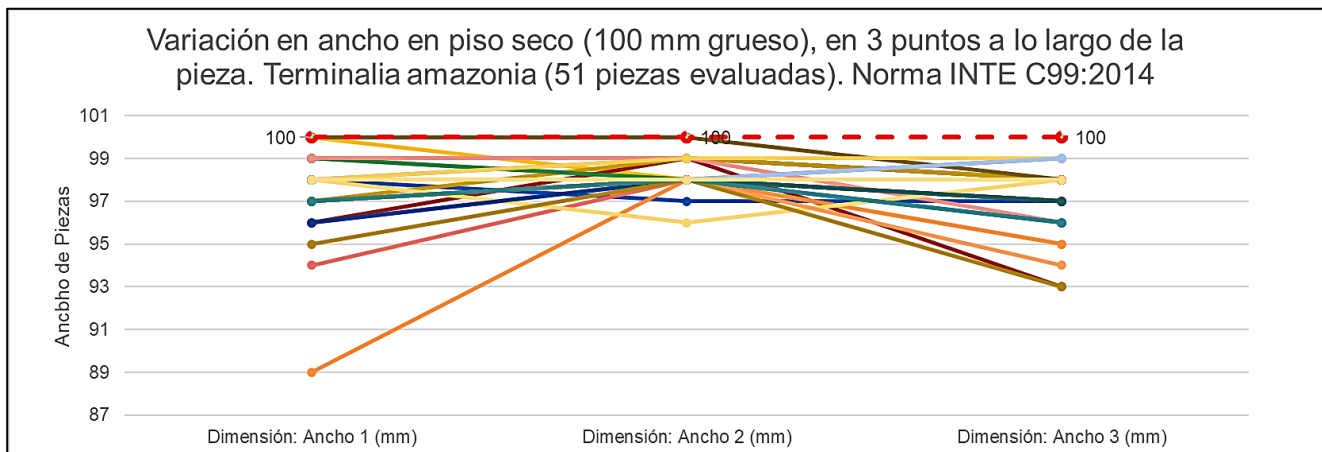
Figura 39. Vista de pieza por el canto para piso, para notar la forma de “barril”



Nota: (línea verde intermitente con valor nominal de 25 mm). Elaboración propia

Sobre la medida del **ancho de las piezas** en estas medidas, el promedio aritmético fue de 97,7 mm, lo cual resulta en una reducción promedio de -2,3 mm del valor nominal requerido y un CV de un 1% en los promedios de las piezas, como se observa en la Figura 40 a pesar de la dispersión en las medidas en los 3 puntos de medición, principalmente en los extremos de la pieza, esta dispersión de los datos con respecto al promedio, no se consideraría alto, en evaluaciones similares realizadas por Bello (2019), al aplicar la misma norma de calidad en Laurel (*Cordia alliadora*), para productos de similar ancho y largo, se obtuvieron un CV de 0,49% (en 6 muestras) y de hasta 5,35% (en 64 muestras), considerando principalmente en ésta el último muestreo en el que la cantidad y representatividad es mayor, de igual forma para ese ensayo clasificaron aparentemente en alguna de las 3 clases de calidad.

Figura 40. Resultado de la evaluación del ancho de 100 mm en 3 puntos de la pieza con 3360 mm de largo, para piso de T. amazonia de plantación con 26 años. (1er trimestre de 2022, Palmares de Pérez Zeledón)



Nota: La línea roja intermitente indica el valor nominal de la pieza en grosor. Las unidades en el eje de las “Y” refieren a milímetros (mm) en cada punto de toma de medición.

En cuanto a las **clasificaciones de calidad** de las 51 piezas evaluadas en el Cuadro 14 se indica la distribución obtenida para este tipo de productos, el cual sólo deja fuera el 4% de las piezas, sin embargo, a pesar de que el 82% clasifica en alguna de las clases por su mayor amplitud de la tolerancia hasta la última clase, debe considerarse el grosor y ser igualmente aceptadas en conjunto.

Cuadro 14. Clasificación por calidad en ancho para piso 25 mm de espesor, 100 mm ancho y 3360 mm de largo (seco), *T. amazonia*. (1er trimestre de 2022, Palmares de Pérez Zeledón)

Rangos de Clase	% clasificado
Clase 1 (± 2 mm)	51%
Clase 2 (± 3 mm)	24%
Clase 3 (± 4 mm)	8%
Fuera de Clase	4%

Observaciones preliminares:

- A pesar del incremento en la longitud de las piezas (de 2520 mm a 3360 mm), no se observa evidencia de mejora en la planitud en los tres puntos de medición que solicita la norma, ya que persiste el mismo patrón de deformación en forma de barril.
- En esta variante evaluada con piezas más largas, los anchos reducidos en extremos aún se presentan y producen que el lote de muestreo sea “no conforme”, esto demuestra que indistintamente del largo, el industrial tiene pérdidas de material y de calidad en la madera aserrada, el cual, puede mejorarse con pruebas de calidad previas al procesamiento diario o por especie a trabajar, y con los ajustes en la maquinaria necesarios.
- Aunque los efectos para los industriales son interesantes de analizar, este estudio en general está enfocado a diagnosticar las propiedades de la madera de *T. amazonia* aplicándole las respectivas normas de calidad, y no atañe a los efectos de la maquinaria de industria, los cuales, con los resultados hasta el momento obtenidos, irremediablemente parecen tener influencia en los resultados, y justificar problemas en los equipos y no tanto a condiciones o cualidades propias de la especie.

5.9 Resultados específicos de evaluación en piso de 31 mm de espesor, 125 mm ancho y 2520 mm de largo (seco).

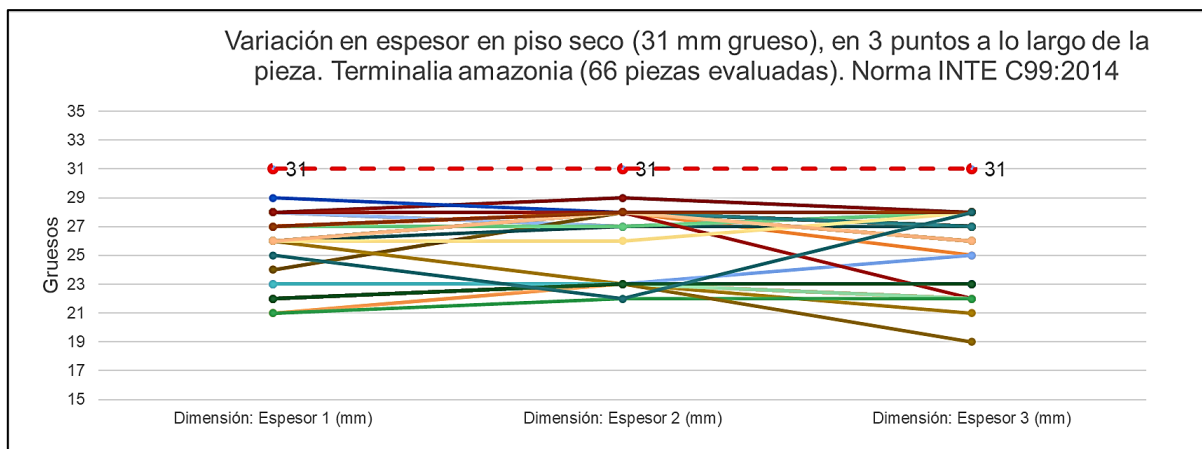
Para este **grueso de piso** se obtuvo un promedio aritmético de 26 mm, una diferencia con respecto al valor nominal de hasta -5 mm en la mayoría de las 66 piezas evaluadas, con estas mediciones el 100% no clasificó en la tolerancia mínima de -3 mm, y consecuentemente en ninguna clase de calidad que establece la norma INTE C99: 2014, sobre el coeficientes de variación CV con respecto al promedio aritmético este fue del 9%, con una mayor dispersión en el grosor, implica mayores reducciones del calibre en uno, o dos o los tres puntos de control, por ejemplo, en una de las piezas evaluadas en sus 3 puntos de medición, los valores resultantes son de 21, 22, y 22 mm, una

diferencia de hasta 10 mm con respecto valor nominal requerido (31 mm), en la Figura 41 se observa los resultados de las mediciones en este grupo de producto.

En términos de uniformidad de producto para su uso, este tendría mayores inconvenientes al colocarse en el piso, ya que varias piezas en un mismo plano tendrían diferencias de grosor entre ellas, provocando pequeñas gradillas o escalones, éstas podrían eliminarse con el proceso de lijado transversal y uniformidad del plano, pero provocaría a su vez, pérdidas innecesarias de madera al requerir de lijados más profundos para uniformizar, y consecuentemente la disminución o menor vida útil de las mismas en casos futuros procesos de restauración y pulidos.

Lo anterior puede atribuirse, no precisamente a la especie forestal, sino a otros aspectos que se pueden mencionar, como la antigüedad de la maquina y sus partes, la sierra de cinta utilizada, su condición y su afilado principalmente, según Moya et al. (2019) no se reporta que la *Terminalia amazonia* presente problemas de desviación en el aserrado, ya que incluso, se indica que esta especie posee un grano recto al hilo de la fibra.

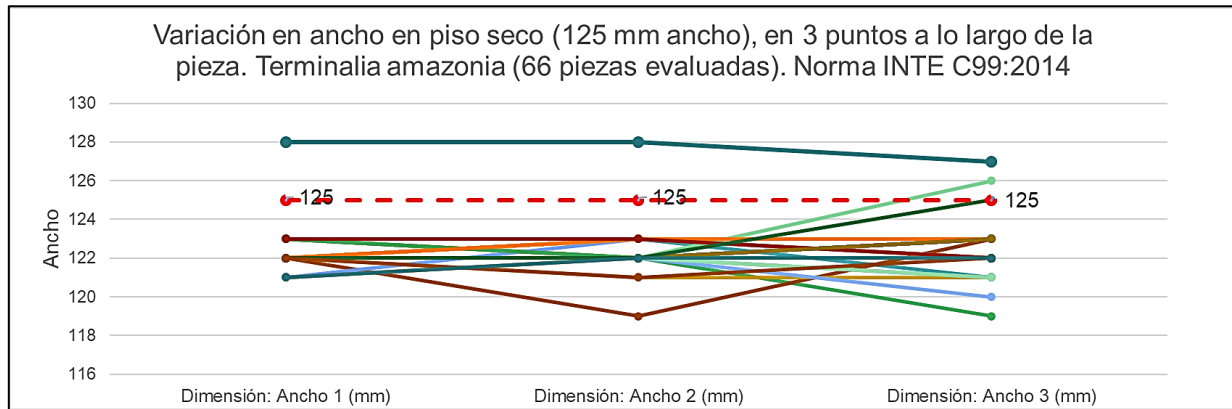
Figura 41. Resultado de la evaluación del grosor de 31 mm en 3 puntos de la pieza con 2520 mm de largo, para piso de *T. amazonia* de plantación con 26 años. (1er trimestre de 2022, Palmares de Pérez Zeledón)



Nota: La línea roja intermitente indica el valor nominal de la pieza en grosor. Las unidades en el eje de las “Y” refieren a milímetros (mm) en cada punto de toma de medición.

En la evaluación del **ancho**, este grupo de productos, presenta un promedio aritmética de 122,3 mm, una disminución promedio de -2,7 mm de la medida nominal, como puede verse en la Figura 42, en la primera medida y la segunda medida del ancho, mantienen cercanía entre los valores, la tercer medición (salida de la troza de sierra) es la que aporta mayor distorsión y pérdida de uniformidad y planitud, sin embargo, el valor de CV es del 1%, se mantiene dentro de las calificaciones de calidad y poca dispersión.

Figura 42. Resultado de la evaluación del ancho 125 mm en 3 puntos de la pieza con 2520 mm de largo, para piso de *T. amazonia* de plantación con 26 años. (1er trimestre de 2022, Palmares de Pérez Zeledón)



Nota: La línea roja intermitente indica el valor nominal de la pieza en grosor. Las unidades en el eje de las “Y” refieren a milímetros (mm) en cada punto de toma de medición.

Con respecto a la clasificación de las calidades en el ancho de las piezas, en el Cuadro 15 se muestran los porcentajes clasificación de las 66 piezas evaluadas, con una mayoría en la 2° clase de calidad que representa una reducción del 2,4% de la medida esperada, se considera que puede mejorarse la calidad, al realizar ajustes en la maquinaria y patrón de corte, para obtener el mayor porcentaje deseado sea en la primera clase, en al menos un 75%, esto se logra con la mayor aproximación al valor nominal esperado y con la menor desviación estándar posible del promedio.

Cuadro 15. Clasificación por calidad en ancho para piso 31 mm de espesor, 125 mm ancho y 2520 mm de largo (seco), *T. amazonia*. (1er trimestre de 2022, Palmares de Pérez Zeledón)

Rangos de Clase	% clasificado
Clase 1 (± 2 mm)	2%
Clase 2 (± 3 mm)	73%
Clase 3 (± 4 mm)	12%
Fuera de Clase	0%

Observaciones preliminares:

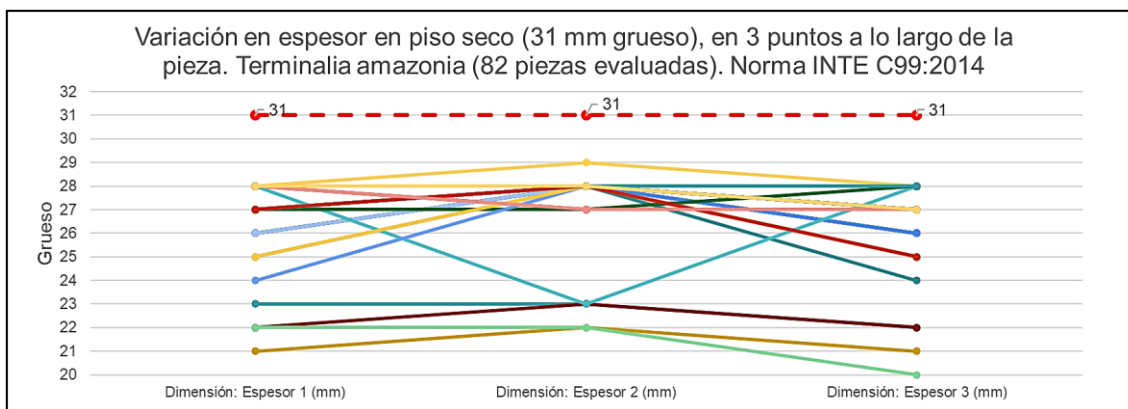
- Amplias pérdidas de material por las ineficiencias del proceso y no de la especie, resultan en la descalificación de la madera aceptada de calidad, lo cual tiene consecuencias económicas y de imagen, tanto para la venta como para la comercialización de la especie de *T. amazonia*.
- La falta de uniformidad en el material para un piso puede resultar en dificultades adicionales para los clientes, con aumento en los costos y tiempo requerido para el uso final. Estas pérdidas de madera también pueden dar lugar a percepciones erróneas y prejuicios hacia una especie de

madera que posee un gran potencial como material de construcción, gracias a sus cualidades, como su dureza, color natural distintivo, capacidad de preservación y adecuado secado natural. Esto podría llevar a una pérdida estratégica en términos de competitividad y ánimo de uso, que desde el punto de vista comercial los pisos se encuentran entre los productos de madera con más altos precios de venta (Barrantes y Ugalde, 2020).

5.10 Resultados específicos de evaluación en piso de 31 mm de espesor, 125 mm ancho y 3360 mm de largo (seco).

En la evaluación **del grosor** de este grupo de producto, el promedio aritmético de los tres puntos por pieza fue de 27,3 mm, una distancia al valor nominal de -3,6 mm, estadísticamente presenta un coeficiente de variación CV del 5% dato que entre las otras tres evaluaciones de los productos se mantiene aún con poca dispersión. Para esta evaluación, al eliminar valores extremos inferiores, se puede notar nuevamente la condición en los grupos de producto anteriores, de forma de “barril”, aunque se observa una separación de dos grupos de mediciones como se observa en la Figura 43, la tendencia de la forma de “barril” se mantiene. Si la norma admitiera hasta -4 mm en el grosor como tolerancia, se seleccionaría solo las piezas de piso con un valor promedio aritmético ≤ 4 mm que es el mínimo permitido, solo 8 de cada 10 piezas procesadas podrían destinarse a la comercialización por aceptación de la norma de calidad.

Figura 43. Resultado de la evaluación del grosor de 31 mm en 3 puntos de la pieza con 3360 mm de largo, para piso de *T. amazonia* de plantación con 26 años. (1er trimestre de 2022, Palmares de Pérez Zeledón)



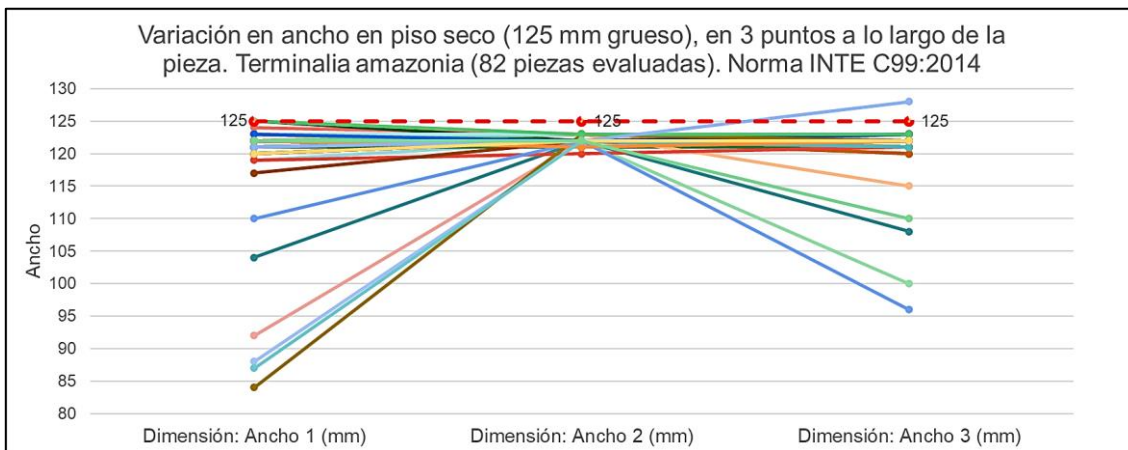
Nota: La línea roja intermitente indica el valor nominal de la pieza en grosor. Las unidades en el eje de las Y refieren a milímetros (mm) en cada punto de toma de medición.

En la medición **del ancho** de las piezas, se obtuvo un promedio aritmético de 120,9 mm, una reducción según el valor nominal de hasta -4,1 mm, estadísticamente presenta para el CV el valor del

3%, el más alto de los 4 grupos en el ancho de productos evaluados, el grupo de piezas presenta un rango de 35 mm, en la Figura 44 se observan estos resultados, con anchos reducidos en el extremo de ingreso de cabeza de sierra en la troza, y ensanchamiento al centro de la pieza, esta tendencia ha estado presente en los 4 grupos de productos para piso y principalmente en el grueso.

Al descartar medidas promedio menores a <121 mm (10 piezas), se admitiría el 87% de las piezas evaluadas, disminuyendo el CV de un 3% a un 1%, lo que en términos de calidad general, se mejoraría en cumplimiento de la norma y una descalificación del 13%. Así mismo, y considerando solo las piezas admitidas en este porcentaje, sólo 8 de cada 10 piezas obtenidas en el proceso industrial, cumpliría con los parámetros de aceptación de la norma en ancho, las restantes 2 piezas se deberían de reprocesar o venderse como de calidad no conforme por la industria.

Figura 44. Resultado de la evaluación del ancho 125 mm en 3 puntos de la pieza con 3360 mm de largo, para piso de *T. amazonia* de plantación con 26 años. (1er trimestre de 2022, Palmares de Pérez Zeledón)



Nota: La línea roja intermitente indica el valor nominal de la pieza en ancho. Las unidades en el eje de las Y refieren a milímetros (mm) en cada punto de toma de medición.

En la clasificación por calidades de 82 piezas, 78% ingresó en algunas de las clasificaciones de calidad, en el Cuadro 16 se muestra la distribución obtenida, para la clase 3 con un máximo de ±4mm y considerando que el ancho promedio en verde antes del proceso que es de 128,8 mm, se están obteniendo pérdidas en el orden del 5,5 % en cada pieza producida para esta última clase de calidad (26 piezas clase 3). Como se ha indicado líneas arriba, mayores rangos de tolerancia permiten el ingreso de más piezas, a pesar de la condición de desviaciones que se originaron desde la sierra de cinta.

Cuadro 16. Clasificación por calidad en ancho para piso 31 mm de espesor, 125 mm ancho y 3360 mm de largo (seco), *T. amazonia*. (1er trimestre de 2022, Palmares de Pérez Zeledón)

Rangos de Clase	% clasificado
Clase 1 (± 2 mm)	6%
Clase 2 (± 3 mm)	40%
Clase 3 (± 4 mm)	32%
Fuera de Clase	12%

Al considerar, todas las evaluaciones realizadas en los distintos grosores y anchos de los 4 grupos de productos para pisos, se presentan en el grosor la mayor falta de planitud a lo largo de las piezas, y como se ha indicado una Figura de tipo “barril” con problemas de mayor grueso al centro de las tablas y disminución en los extremos, los promedios aritméticos obtenidos no permiten la admisión en ninguna de las clasificaciones de calidad, pues todas se salen de la tolerancia máxima admitida de ± 2 mm, y los equipos de aserrío se encuentran con problemas de calidad que deben solventarse.

Una posibilidad de mejorar el material es en la molduradora, al reducir aún más los espacios (menos grueso y menos ancho) del valor nominal, con el inconveniente que provocaría una pérdida mayor de madera como producto final y la consecuente merma de materia prima al pretender homogenizar las medidas en los tres puntos.

En cuanto al ancho de las piezas, se observa en todos los grupos una falta de planitud similar. Aunque la norma permite rangos de tolerancia más amplios para esta medida, lo que facilita que la mayoría de las piezas entren en algunas de las clasificaciones de calidad, esto no es suficiente, ya que el cumplimiento debe ser integral en ambas dimensiones. Una solución alternativa para aquellos productos que presenten esta falta de planitud, especialmente en las puntas, sería eliminar una distancia determinada en ambos extremos, de manera que el grosor de la pieza al menos cumpla con la tolerancia de la menor clase de calidad establecida en la norma.

Ahora bien, el hecho que ninguno de los productos acá evaluados cumple a cabalidad con todos los parámetros establecidos en la norma, no implica que estos no puedan ser utilizados para los fines requeridos de piso en la construcción, la falta de uniformidad no es la adecuada según los rangos de tolerancia de calidad, sin embargo, para el mercado nacional y tradicional de colocación de piso de madera en el país, realiza posteriores procesos de lijado general (devastados graduados) para uniformar la planitud, lo que provoca pérdidas en los grosores.

No obstante, el avanzar hacia la aplicación de normas de calidad que garanticen la uniformidad de productos de madera, antepone los intereses del consumidor el cual espera recibir en forma adecuada y a su vez completa por un producto por el que está pagando. Así mismo, quienes

usan constructivamente la madera como arquitectos, civiles, e instituciones públicas que licitan, esperan la mejora en la calidad de producto e incluso una aplicación de estándares de calidad (Santamaría et al.,2015, pág. 143).

5.11 Resultados aplicación de las normas INTE C100:2020 para productos estructurales (Vigas y Clavadores) madera seca.

La clasificación de madera para uso estructural inicia en las medidas tanto en grueso como en ancho de ≥ 50 mm. Esta clasificación por resistencia en grados estructurales se verá afectada por elementos no deseados que modifican la firmeza de las piezas, como nudos, el grado de desviación del grano en la madera, las torceduras y marcas. Otras características que no afecten directamente las propiedades mecánicas de la madera, de igual forma podrían considerarse, como aquellas que son estéticas.

Se parte de la máxima que las piezas para uso estructural deben estar libre de defectos, con una disponibilidad de trabajo del 100%. En todos los grupos de producto, se evaluó el cumplimiento de los elementos presentes que inciden en la resistencia a la flexión, principalmente la capacidad del Módulo de Ruptura (MOR).

El defecto más frecuente encontrado en estos grupos de productos y que disminuyen la capacidad de resistencia, fueron las rajaduras en uno o ambos extremos en vigas y clavadores, este defecto en automático reduce en 50% el grado de resistencia estructural, pero, está la posibilidad de mejorar la clasificación de calidad, al efectuar el corte de las partes dañadas en sus extremos, y obtener una pieza libre de defectos para su comercialización y uso estructural.

Por ejemplo, una pieza en una medida de 3360, si presenta rajaduras en sus extremos en promedio de 200 mm en cada extremo, se puede obtener una pieza de trabajo estructural sin defectos de 2960 mm de largo.

5.12 Resultados específicos de evaluación en vigas sin cepillo de 50 mm de espesor, 100 mm de ancho y 3360 mm de largo.

El Cuadro 17 resume la evaluación realizada en este grupo de productos. En cuanto a las dimensiones, el promedio aritmético de las tolerancias de grosor y ancho cumple en un 100% con el estándar mínimo establecido, considerando el valor nominal respectivo menos -11 mm en ambas mediciones (INTE, 2020, pág. 44).

Cuadro 17. Resumen de evaluación de Vigas sin cepillo de 50 mm de espesor, 100 mm de ancho y 3360 mm de largo

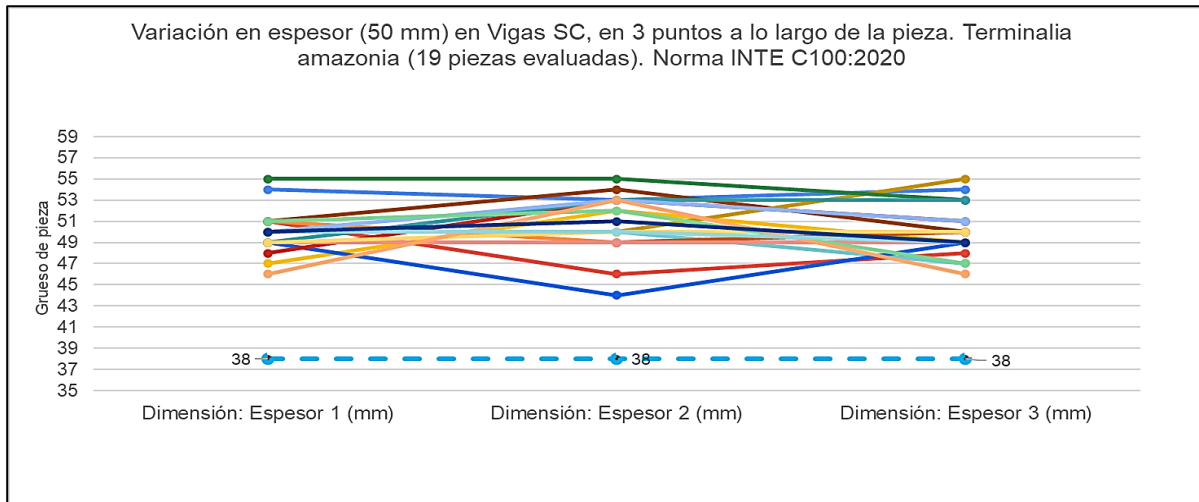
Producto Evaluado	# de piezas evaluadas	Con Cepillo / Sin Cepillo	% Humedad 30 días de medición.	Tolerancia Grosor (mm) Tamaño Mínimo Nominal -11 mm	Tolerancia Ancho (mm) Tamaño Mínimo Nominal -11 mm
Viga SC (50 mm, 100 mm, 3360 mm)	19	S.C.	≤ 19 79%	Cumple 100%	Cumple 100%
			>19 21%		

Nota: Elaboración propia

Una vista detallada de la evaluación **del grosor y ancho** en los tres puntos a lo largo de la pieza se observa en la Figura 45 y la Figura 46. Se apreciará que al igual que en los productos para pisos, falta de planitud o uniformidad, sin embargo, según los estadísticos el promedio aritmético para el grueso es de 50,3 cm y un CV del 3% con un rango de 7 mm. Si se observan a detalle las mediciones del grosor, se evidencia dos efectos, uno el de "barril" en la viga, donde es menor el grosor en las puntas y aumenta su dimensión en la mitad (al pasar de 46 mm en extremos a 53 mm en la mitad), el otro efecto, es donde es mayor el grosor en las puntas y disminuye en el centro de la pieza, al presentar diferencias entre puntos de hasta -5 mm

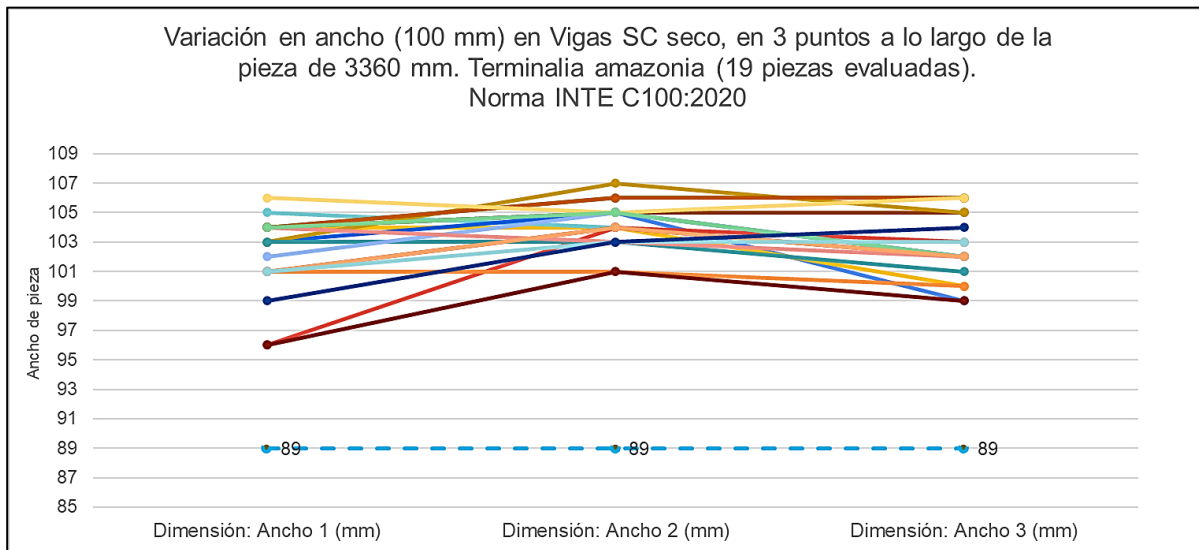
Sin embargo, y para efectos del uso y tipo de producto, posee más valor de importancia las evaluaciones de calidad visual por defectos que tengan las piezas, que la reducción del calibre en más de 4 mm en el promedio. En los estadísticos del ancho se tiene una media aritmética de 103,2 cm (un excedente de material según el valor esperado) y un CV del 1%, estas piezas quedan en la sobre medida de los 100 mm nominales de producto.

Figura 45. Evaluación del espesor en vigas de 50 mm en 3 puntos de la pieza con 3360 mm de largo, para piso de *T. amazonia* de plantación con 26 años. (1er trimestre de 2022, Palmares de Pérez Zeledón)



Nota: La línea azul intermitente indica el valor nominal de la pieza en grosor. Las unidades en el eje de las Y refieren a milímetros (mm) en cada punto de toma de medición. Fuente: Elaboración propia

Figura 46. Evaluación del ancho en vigas de 100 mm en 3 puntos de la pieza con 3360 mm de largo, para piso de *T. amazonia* de plantación con 26 años. 1er trimestre 2022



Nota: La línea azul intermitente indica el valor nominal de la pieza en ancho. Las unidades en el eje de las Y refieren a milímetros (mm) en cada punto de toma de medición. Fuente: Elaboración propia

De igual forma, se realizó una evaluación del contenido de humedad final (CH_f) en el estudio. Tras un período de secado natural de 30 días y partiendo de un contenido de humedad inicial (CH_i) del 62,6% para esto grupos de producto, se produjo una reducción igual o inferior al 19% en 15 de las piezas del grupo. Esto implicó una tasa de secado promedio de 2% por día. Según Moya et al.

(2019), para maderas con un grosor de 25 mm, se estima que se alcanzaría un CH_f del 20% en aproximadamente 13 días, con una tasa de secado de alrededor de 1,38% por día.

Evaluación de defecto en vigas sin cepillo (S.C.).

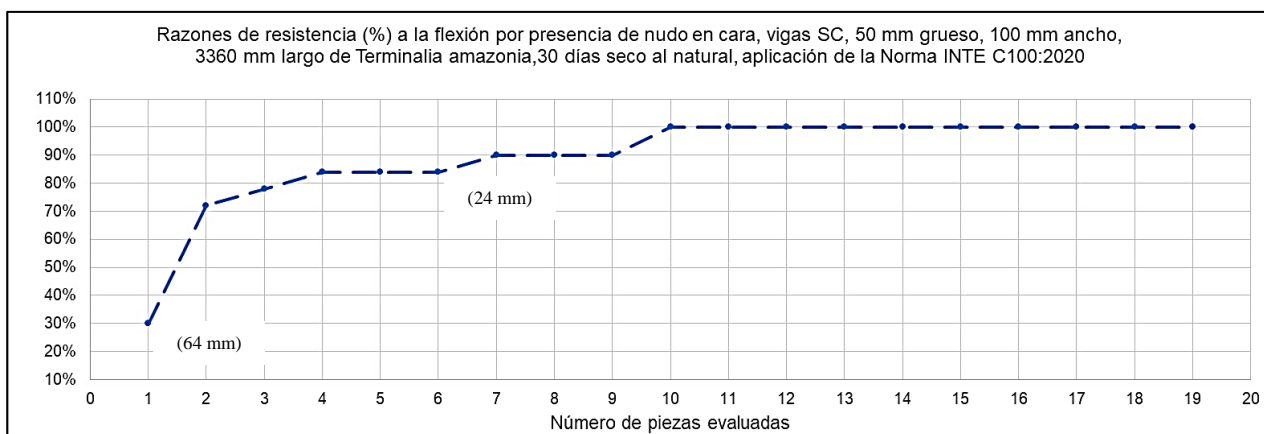
En el caso de las vigas sin cepillo, se observó que **el defecto más frecuente** fue la presencia de rajaduras en las puntas, presentes en el 89% de 19 piezas evaluadas. Según la norma INTE (2020), cuando se detecta este tipo de defecto, se recomienda reducir la resistencia de trabajo en un 50% en presencia de cualquier tamaño de rajaduras, si se decide utilizar las piezas tal cual. Por lo tanto, para mejorar los grados de resistencia se propondría realizar la eliminación de las secciones con las rajaduras, con una longitud promedio de 325 mm, quitar estas secciones con defecto representaría una reducción del 20% de la pieza, lo que debería compensarse en el precio final de venta.

Sin embargo, esta acción aumentaría la calidad en un 100% en términos de los grados de resistencia a la flexión, eso sí sin considerar aún la presencia de nudos.

En cuanto a la **evaluación de los nudos vivos** de las vigas estructurales, se encontraron 9 piezas con este defecto. Según la Tabla 4 de la norma INTE (2020), se determinaron las respectivas reducciones de resistencia de trabajo para estas piezas, los resultados se muestran en la Figura 49.

Según Moya et al. (2019), el proceso de aserrío del *T. amazonia* puede presentar dificultades con las tensiones de crecimiento, lo que puede explicar los defectos de torsión y las rajaduras frecuentes en los extremos. En este grupo de productos, se encontró un promedio de longitud de nudos de 24,7 mm en el 47% de las piezas evaluadas, 8 de las 19 piezas están en rango de resistencia entre el 70% y 90% de efectividad, y solo 1 pieza con una reducción de hasta 30% por la presencia de un nudo con una dimensión de 64 mm.

Figura 47. Valoración de la resistencia a la flexión vigas de 50 mm de grueso 100 mm de ancho según la Norma INTE C100:2020, para piso de *T. amazonia* de plantación con 26 años. 1er trimestre 2022



Nota: Los números en cada punto, representan los diámetros promedio de los nudos vivos evaluados. Elaboración propia

Según la literatura consultada (Moya et al., 2020), las pruebas de carga por flexión estática en la *T. amazonia* indican un Módulo de Ruptura (MOR) de 746 kg/cm² para la madera seca. Sin embargo, piezas evaluadas con problemas de rajaduras sólo podrían soportar una carga ligeramente inferior a 373 kg antes de romperse (50% de carga de trabajo).

Se menciona que las pruebas de evaluación del MOR, de acuerdo con la Norma D 143-94 (ASTM, 1998), se realizan en piezas con una distancia entre soportes igual a 14 veces el espesor de la probeta (madera de ensayo), aplicando una presión por kg/cm² hasta que la probeta se rompa, con el fin de determinar su capacidad de flexión, en dirección perpendicular a la fibra de la madera.

En este grupo de productos, bajo el supuesto de una ausencia de defectos por rajaduras, solo 10 piezas (52%) estarían disponibles para una resistencia de trabajo al 100% como vigas estructurales.

Observaciones preliminares:

- La pérdida de resistencia por rajaduras en la especie de *T. amazonia*, es una cualidad ya conocida y evaluada con anterioridad por otros investigadores, sin embargo, es subsanable con la eliminación de madera en extremos cuando ahí se presente, por otra parte, según el promedio de largos de las rajaduras encontradas se tendría una merma entre el 8,9% (un extremo) y el 20% (en ambos extremos) en el largo de la pieza.
- Efectuar un “saneo o corta de madera” en promedio de un 10% en la sección con rajaduras en un extremo, daría un producto al industrial sin este defecto, y una mejora en la clasificación de calidad en la resistencia estructural, sumando a combinaciones de tamaños con nudos admitidos, y no superiores a 18 mm de diámetro en promedio, lo que daría un 84% de resistencia estructural de trabajo para una pieza que inicialmente presentaba problemas por este defecto no admisibles.

5.13 Resultados específicos de evaluación en vigas con cepillo de 50 mm de espesor, 100 mm de ancho y 3360 mm de largo.

El Cuadro 18 resume la evaluación de este grupo de productos con 12 piezas evaluadas en las que se le aplicó el cepillado, las dimensiones obtenidas en grosor y ancho cumplen el 100% con el mínimo estándar, al considerar el valor nominal respectivo menos -11 mm.

Cuadro 18. Resumen de evaluación de Vigas con cepillo de 50 mm de espesor, 100 mm de ancho y 3360 mm de largo

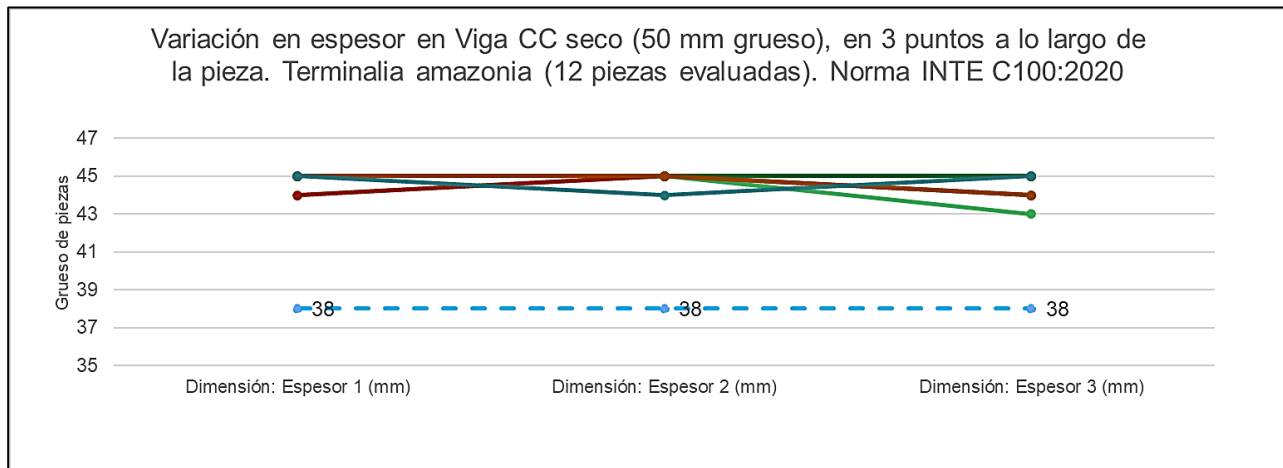
Producto Evaluado	# de piezas evaluadas	Con Cepillo / Sin Cepillo	% Humedad promedio A 30 días de medición.	Tolerancia Grosor (mm) Tamaño Mínimo Nominal -11 mm	Tolerancia Ancho (mm) Tamaño Mínimo Nominal -11 mm
Viga CC (50 mm),100 mm, 3360 mm)	12	C.C.	<div style="background-color: #FFD700; padding: 2px;">≤ 19 50%</div> <div style="padding: 2px;">>19 50%</div>	Cumple 100%	Cumple 100%

Nota: Fuente elaboración propia, con lo indica en la Norma INTE C100:2020

Para las **vigas con cepillo**, los estadísticos indicaron información para **el grosor**, con un promedio aritmético en 44,8 cm, una reducción respecto al valor nominal de -5,2 mm, esto representa una reducción del 47% de lo permitido por la Norma evaluada que admite hasta -11 mm de tolerancia. Para estas mediciones el CV fue del 1%, con dispersiones mínimas alrededor del promedio con un rango de solo 2 mm, obteniendo productos particularmente homogéneos a los obtenidos en los grupos de pisos, los cuales tuvieron variaciones notorias en los puntos extremos.

En la Figura 48 se observa los resultados de estos tres puntos de medición en el grosor de las piezas.

Figura 48. Evaluación del espesor (grosor) en vigas de 50 mm en 3 puntos de la pieza con 3360 mm de largo, para piso de *T. amazonia* de plantación con 26 años. 1er trimestre 2022



Nota: La línea azul intermitente indica el valor nominal de la pieza en grosor. Las unidades en el eje de las Y refieren a milímetros (mm) en cada punto de toma de medición. Fuente: Elaboración propia

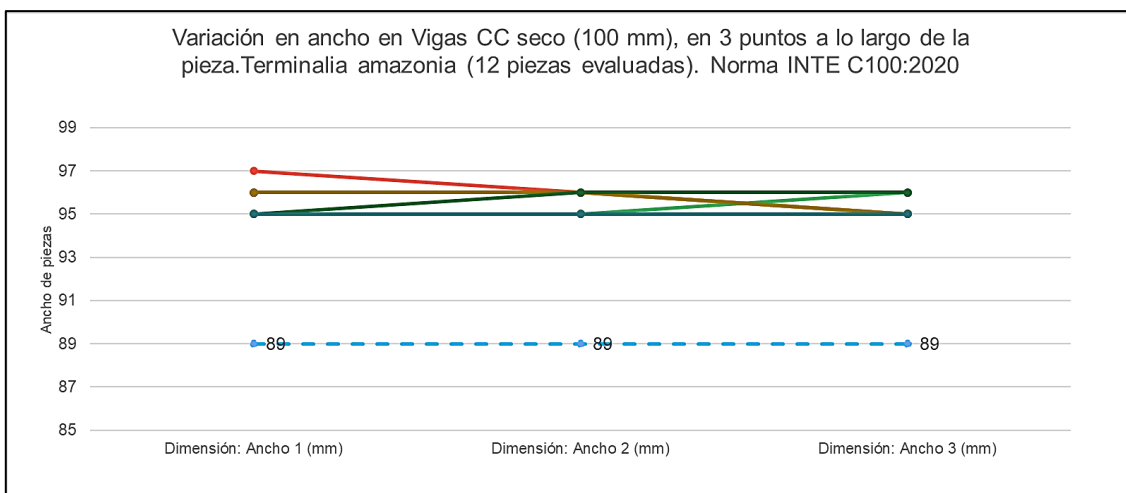
En la medida **del ancho**, los datos se distancian del valor nominal en promedio -4,4 mm, con tan solo un CV de 0,4%, el menor valor entre todas las evaluaciones de medida de dispersión, nuevamente la homogeneidad de las piezas es muy cercana.

Se evidencian una mejoría en cuanto a la planitud del producto obtenido, en comparación con los grupos de productos destinados a pisos. No se descarta que la mejoría puede deberse al mayor grosor en las piezas durante el procesamiento.

Por otro lado, estos datos estadísticos arrojan información sobre la máquina molduradora donde se realizó el cepillado de las piezas, ya que fue la misma donde se efectuó el moldurado de los pisos, el cual presentó variaciones notables de planicidad, lo que podría apoyar la aseveración que el origen de las desviaciones sería en la sierra de cinta, producto de las desviaciones señaladas en los distintos grupos de piso.

En la Figura 49 se pueden observar el detalle de la evaluación del ancho en los 3 puntos a lo largo de la pieza.

Figura 49. Evaluación del ancho en vigas de 100 mm en 3 puntos de la pieza con 3360 mm de largo, para piso de *T. amazonia* de plantación con 26 años. 1er trimestre 2022



Nota: La línea azul intermitente indica el valor nominal de la pieza en ancho. Las unidades en el eje de las Y refieren a milímetros (mm) en cada punto de toma de medición. Fuente: Elaboración propia

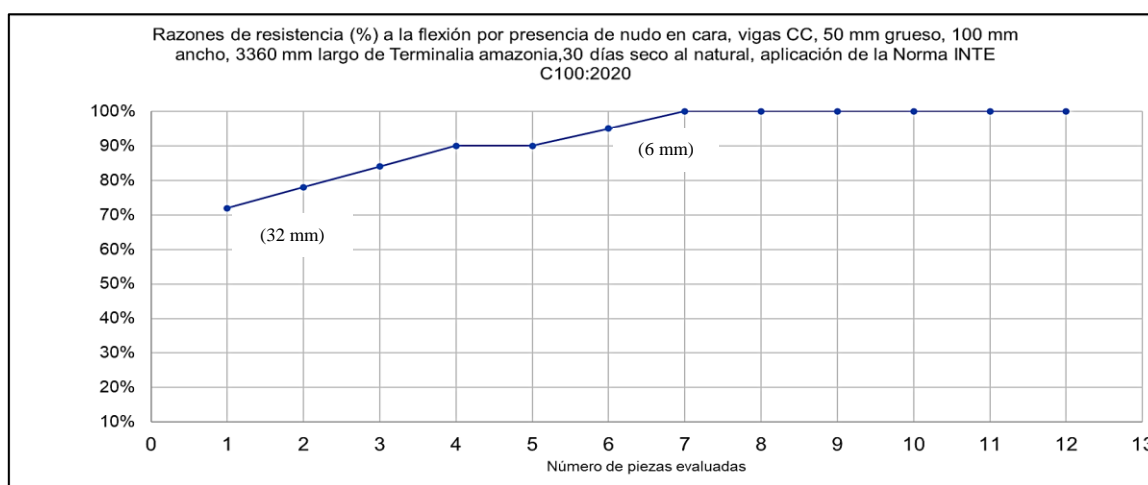
En la medición del CHF a los 30 días de medición en el secado natural, se presentó una reducción promedio de 1,37% /día con un contenido promedio de humedad inicial de 59,4%, solo el 50% de las piezas (6 piezas) lograron el nivel menor o igual al 19% solicitado por la norma, el promedio aritmético para este grupo de productos fue de 18,3% de CHF. Las piezas que no logran el mínimo de humedad requerido pueden verse afectadas por su contenido de humedad a la hora de su uso, en falta de estabilidad dimensional, o mayor susceptibilidad al ataque biológico por xilófagos, en el caso que no estuviesen tratadas con producto preservantes.

- **Evaluación de defecto más frecuente con cepillo (C.C.).**

Las vigas con cepillo analizadas exhibieron un defecto prominente en forma de rajaduras en sus extremos, siendo detectadas en un total de 8 piezas, lo que representa un 66% del conjunto evaluado. Estas rajaduras, con una longitud promedio de 179 mm, se encontraron en ambos extremos de las piezas. Conforme a las directrices de la norma INTE C100:2020, las piezas afectadas por este defecto presentan una capacidad de carga reducida al 50% de su resistencia nominal a la flexión. Por lo tanto, resulta inaceptable mantener estas piezas con rajaduras para un uso óptimo. Como se mencionó previamente, una opción viable consistiría en eliminar las rajaduras en ambos extremos, lo que permitiría obtener vigas de trabajo con una longitud de 3000 mm libre de este defecto.

En lo que respecta a la evaluación del tamaño de los nudos presentes en la superficie de las vigas, se constató que el 6 de las 12 evaluadas presentaban nudos cuyo tamaño podría afectar la capacidad de soporte, y que en el de menor resistencia estructural fue del 70%, esto por la presencia de un nudo en el ancho de la cara con diámetro promedio de 32 mm, otra pieza con una razón de resistencia del 96% fue por la presencia de un solo nudo con diámetro promedio de 6 mm. La Figura 50 muestra los resultados obtenidos en cada una de las piezas evaluadas (eje X) y la relación de resistencia (%) según el tamaño de los nudos de mayor tamaño encontrado, tal como establece el procedimiento descrito en el punto 6.3.4 de la norma INTE (2020). Cabe destacar que se tuvieron en cuenta tanto los nudos localizados en los bordes como aquellos ubicados en el centro de la superficie de la pieza.

Figura 50. Valoración de la resistencia a la flexión vigas con cepillo de 50 mm de grueso 100 mm de ancho según la Norma INTE C100:2020, para piso de *T. amazonia* de plantación con 26 años. 1er trimestre 2022



*Nota: Los números en cada punto, representan los diámetros promedio de los nudos vivos evaluados.
Elaboración propia*

Observaciones preliminares:

- Se presenta notable mejora en los resultados de la planitud, comparativamente con los grupos de productos del piso, para ambas medidas del grueso y ancho, las cuales fueron procesadas por la misma cepilladora – molduradora.
- La presencia de rajaduras, como principal defecto y disminución de la capacidad de resistencia estructural, es corregible 100% a costa de la pérdida de madera, pero asumible por el consumidor final.

5.14 Resultados específicos de evaluación en clavadores sin cepillo de 50 mm de espesor, 75 mm de ancho y 3360 mm de largo.

El Cuadro 19 resume la evaluación de este grupo de productos de clavadores sin cepillo. Las dimensiones obtenidas del promedio aritméticas y las tolerancias en grosor y ancho cumplen en un 100% con el estándar mínimo, considerando el valor nominal respectivo menos -11 mm.

Cuadro 19. Resumen de evaluación de clavadores sin cepillo de 50 mm de espesor, 75 mm de ancho y 3360 mm de largo

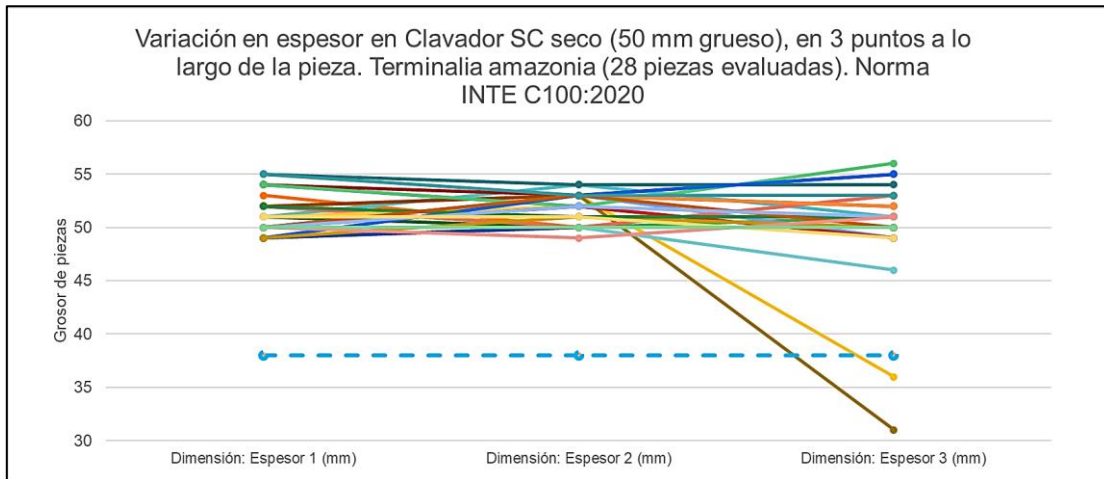
Producto Evaluado	# de piezas evaluadas	Con Cepillo / Sin Cepillo	% Humedad A 30 días de medición.	Tolerancia Grosor (mm) Tamaño Mínimo Nominal -11 mm	Tolerancia Ancho (mm) Tamaño Mínimo Nominal -11 mm	Defecto + Frecuente
Clavador SC (50mm, 75mm, 3360 mm)	28	S.C	≤ 19 71%	Cumple 100%	Cumple 100%	Corteza Incluida
			>19 29%			

Fuente: Elaboración propia

En la evaluación del **grosor de los clavadores**, no se aprecian amplias diferencias entre los 3 puntos de medición a lo largo de las piezas. En el Figura 51, se observa en detalle el gráfico con la tendencia general líneas horizontales, distribuidas en un rango de 6 mm con referencia al promedio. Además, no se observa como en el grupo de productos de pisos, un efecto de conicidad en el inicio de la pieza o efecto de barril evidente a todo lo largo. Esto podría indicar que el efecto de la sierra al realizar cortes con grosores superiores a 50 mm o más, no provocaría mayores desviaciones en el procesamiento, al menos en este tipo de producto.

Con respecto a los estadísticos descriptivos, se obtuvo el promedio aritmético del grosor es de 50,9 mm, con un coeficiente de variación (CV) del 4%. Esto sugiere que muchas de las piezas se encuentran muy cerca del valor nominal del clavador. Sin embargo, se puede observar que, varias de las mediciones obtenidas se encuentran por encima de este valor generando un excedente de materia prima. Aun así, las desviaciones de unos pocos milímetros en este tipo de producto podrían considerarse prácticamente marginales en comparación con el promedio.

Figura 51. Evaluación del espesor en clavadores sin cepillo de 50 mm de espesor, 75 mm de ancho y 3360 mm de largo en 3 puntos de la pieza, para piso de *T. amazonia* de plantación con 26 años. 1er trimestre 2022



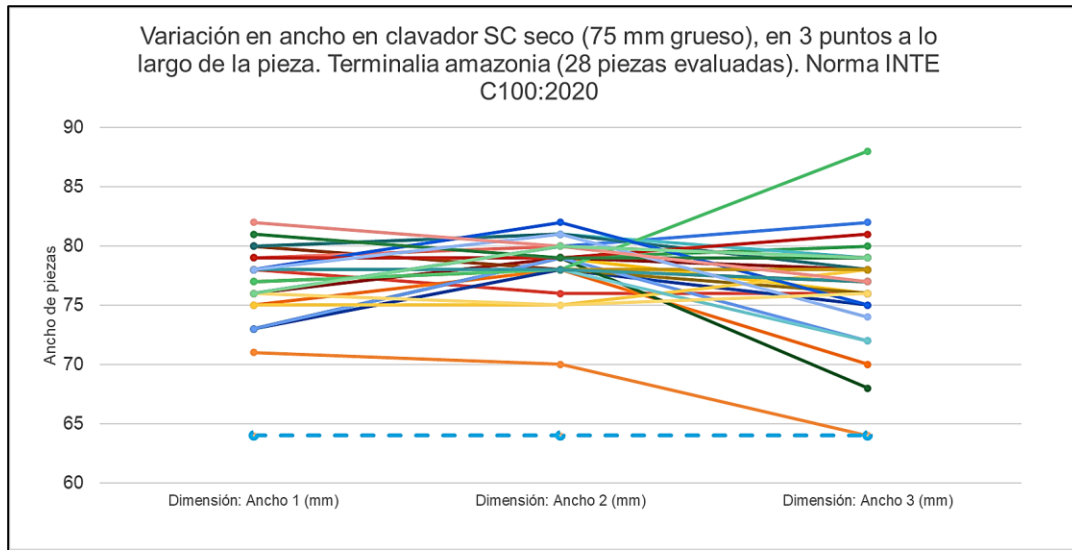
Nota: La línea azul intermitente indica el valor nominal de la pieza en grosor. Las unidades en el eje de las Y refieren a milímetros (mm) en cada punto de toma de medición. Fuente Elaboración propia

En cuanto **al ancho** de los clavadores, el promedio aritmético es de 77,7 mm, representa un exceso o sobre medida de +2,7 mm con relación al valor esperado, el CV es de 3%, presenta un rango de 11 mm de entre piezas. Sin embargo, para este tipo de producto y los rangos de tolerancia admitidos por la norma, no habría mayores problemas en su uso como componentes de construcción estructural, y de aplicarse un cepillado para mejorar su apariencia y acabado, posee el espesor de más para mantenerse en el mínimo requerido para las estructuras.

En relación de las mediciones de CH_f, se obtuvo un promedio de 17,52% en 19 de las piezas evaluadas al final de 30 días de secado natural, esto es más del 70% del total de piezas, con un contenido promedio inicial (verde) del 60,5 %, lo que representó una reducción del contenido de humedad en tejidos de 1,43%/día, para piezas con un grosor mayor a 25 mm, se considera de secado rápido.

En la figura 52 se presentan los resultados de la evaluación del ancho en los clavadores sin cepillo.

Figura 52. Evaluación del ancho en clavadores sin cepillo de 50 mm de espesor, 75 mm de ancho y 3360 mm de largo en 3 puntos de la pieza, para piso de *T. amazonia* de plantación con 26 años. (1er trimestre de 2022, Palmares de Pérez Zeledón)



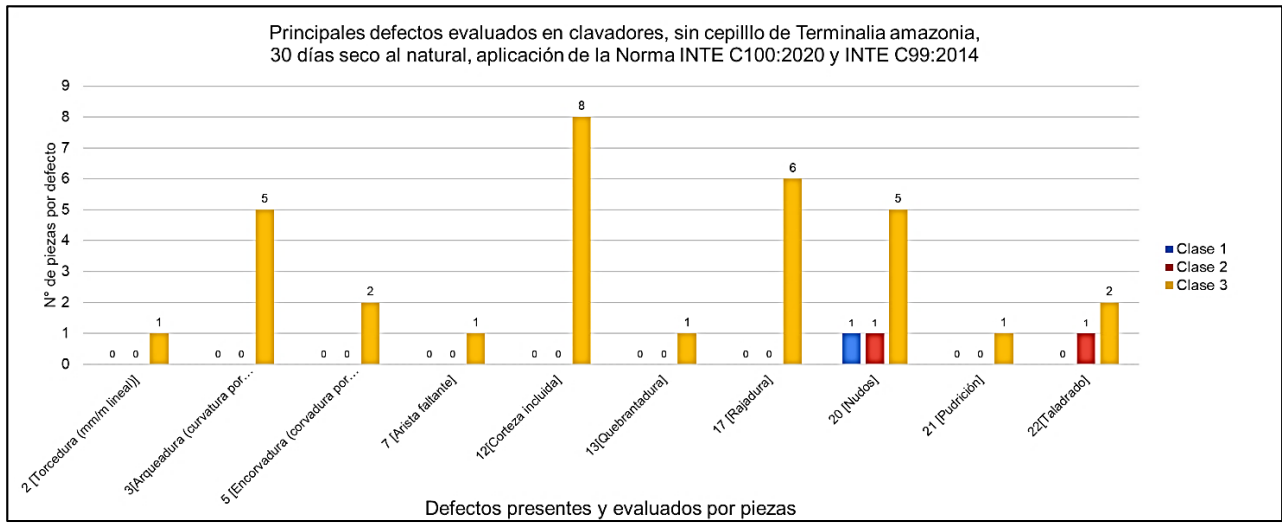
Nota: La línea azul intermitente indica el valor nominal de la pieza en ancho. Las unidades en el eje de las “Y” refieren a milímetros (mm) en cada punto de toma de medición. Fuente Elaboración propia

Evaluación de defecto más frecuente de clavador sin cepillo (C.C.).

Para este grupo de muestras se presentaron varios defectos frecuentes, en orden de prioridades y descalificación de la madera fueron, secciones con presencia de corteza en las piezas evaluadas son el defecto más frecuente que se encontró en este grupo con 8 piezas (un 28%), de acuerdo a la norma INTE C100:2020 indica que es inadmisibles piezas con este defecto y deben descartarse para el uso estructural, sin embargo, ante este tipo de defecto que es de igual forma inevitable que se produzcan en la industria, queda la opción de realizar un reproceso y obtener otro tipo de producto a partir del “saneado” de piezas al eliminar, seccionar, redimensionar las piezas, de tal forma que se aumente su grado de calidad o supere otros defectos que no descalifiquen por completo su utilización, esto es parte de las ventajas de la madera y de esta especie debido a que posee resistencia en gruesos y anchos reducidos en el orden de los 25 mm, y lo hace un material versátil.

Adicionalmente, se evidenciaron otros defectos ya antes mencionados, como las rajaduras en los extremos en segundo lugar, así también la presencia de nudos los cuales se valoraron en cuanto a su tamaño promedio en cara o ancho de viga, y permite calificarla porcentualmente en su resistencia estructural, toda vez que un nudo de mayor tamaño disminuye su resistencia natural, así también se tuvo presencia de las arqueaduras de cara para algunos de estos. En la Figura 53 se observa a detalle la distribución con los resultados de la evaluación.

Figura 53. Resultado de la evaluación de los defectos más frecuentes en clavadores sin cepillo de 50 mm en 3 puntos de la pieza con 3360 mm de largo, para piso de *T. amazonia* de plantación con 26 años. 1er trimestre 2022



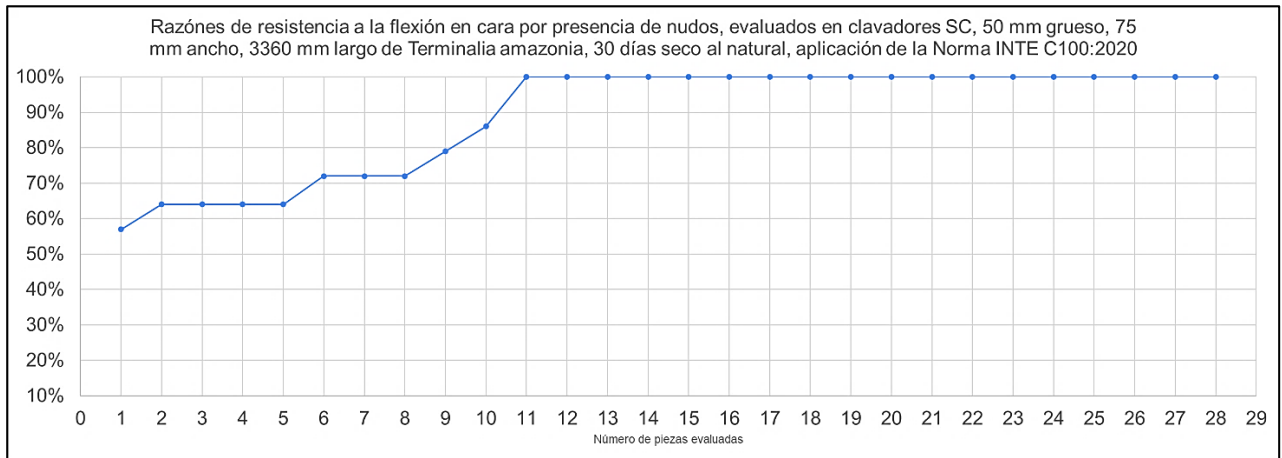
Fuente: Elaboración propia

Como se mencionó, los efectos de nudos presentes que afectan la resistencia y calidad de las piezas de clavadores, en la Figura 54 se grafica la disminución en la resistencia que provoca el nudo de mayor tamaño (en cara y canto), y se muestran los resultados de disminución de la resistencia en 10 piezas (35% de la muestra) según lo indicado en la norma INTE (2020). De acuerdo con el seguimiento de su origen o trazabilidad hasta donde fue posible, se identificó que las piezas número 2, 3, 4, 5 provienen del procesamiento de la tercera y cuarta trozas obtenida del árbol, éstas son las próximas a la copa del árbol y con mayor probabilidad de presencia de ramas, como ejemplo de valoración, un nudo con un tamaño promedio de 29 mm, disminuye la resistencia a la flexión de las piezas hasta en un 36% (INTE, 2020), debe indicarse que la especie no presenta abundancia de nudos por metro lineal evaluado.

Los demás valores con porcentajes entre el 72% y 79% de efectividad de resistencia, no fue posible conocer su procedencia exacta de árbol o sección de tronco, sin embargo, los grados superiores de resistencia al 75%, darían una confiabilidad de peso soportante hasta de 559,5 kg/cm².

Debe indicarse que la incidencia de nudos en el material evaluados, por metro lineal, no se presentaban más allá de 1 a 3 en los puntos donde había, otra sección es de la misma pieza se encontraban sin la presencia de nudos.

Figura 54. Valoración de la resistencia a la flexión clavadores sin cepillo de 50 mm de espesor, 75 mm de ancho y 3360 mm de largo, según Norma INTE C100:2020, en *T. amazonia* de plantación con 26 años. (1er trimestre de 2022, Palmares de Pérez Zeledón)



Observaciones preliminares:

- En el contexto de procesos industriales que involucran madera, se aconseja la inclusión de una cantidad adicional de material durante la fabricación de los productos, esto en parte por la contracción y pérdida dimensional que ocurre durante el proceso de secado. Sin embargo, es importante evitar de igual forma un exceso de medida en el producto final para prevenir pérdidas innecesarias en la producción.
- Con relación a la capacidad de secado y las dimensiones de estas piezas, estas se valoran como de período corto en almacenamiento para la industria forestal durante su proceso productivo y posterior venta. Permitiendo alcanzar el nivel mínimo de humedad para la comercialización en menos de 30 días, cumpliendo así con los estándares establecidos por las normas aplicables.

5.15 Resultados específicos de evaluación en clavadores con cepillo de 50 mm de espesor, 75 mm de ancho y 3360 mm de largo.

El Cuadro 20 resume la evaluación de este grupo de productos, las dimensiones en promedio aritmético de las tolerancias en **grosor y ancho cumplen en 100%** con el mínimo estándar, al considerar el valor nominal respectivo menos -11 mm del valor nominal.

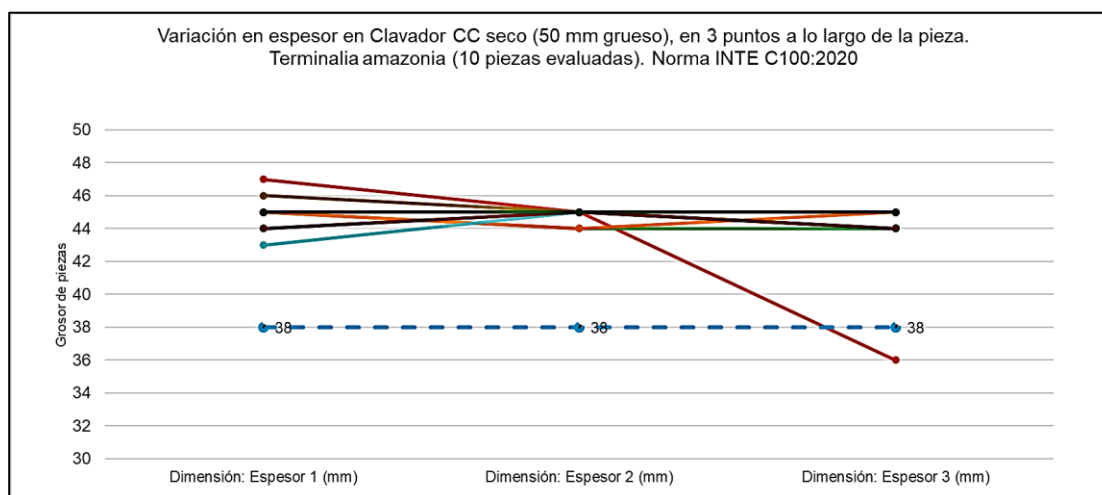
Cuadro 20. Resultados resumen de evaluación de clavadores con cepillo de 50 mm de espesor, 75 mm de ancho y 3360 mm de largo

Producto Evaluado	# de piezas evaluadas	Con Cepillo / Sin Cepillo	% Humedad A 30 días de medición.	Tolerancia Grosor (mm) Tamaño Mínimo Nominal -11 mm	Tolerancia Ancho (mm) Tamaño Mínimo Nominal -11 mm	Defecto + Frecuente
Clavador CC (50 mm, 75 mm, 3360 mm)	10	C.C.	≤19 60%	Cumple 100%	Cumple 100%	Nudos
			>19 40%			

Nota: Fuente elaboración propia

En la evaluación de los resultados en **el grosor**, con el cepillo el promedio obtenido fue de 44,4 mm (-5,6 mm de reducción del valor esperado) y un CV del 2%, una medida de dispersión reducida en 1% al compararla con los clavadores sin cepillo, indicando posiblemente mayor homogeneidad en los tres puntos de medición, con un rango corto de 2,6 mm, valores para el tipo de producto se pueden considerar insignificantes, en los que no se requiera de mayor control de calidad al obtener estas piezas desde la sierra de cinta. En la Figura 55 se pueden observar el detalle de los resultados del grosor en los 3 puntos a lo largo de la pieza y su comportamiento dimensional.

Figura 55. Evaluación del espesor en clavadores sin cepillo de 50 mm de espesor, 75 mm de ancho y 3360 mm de largo en 3 puntos de la pieza, para piso de *T. amazonia* de plantación con 26 años. 1er trimestre 2022

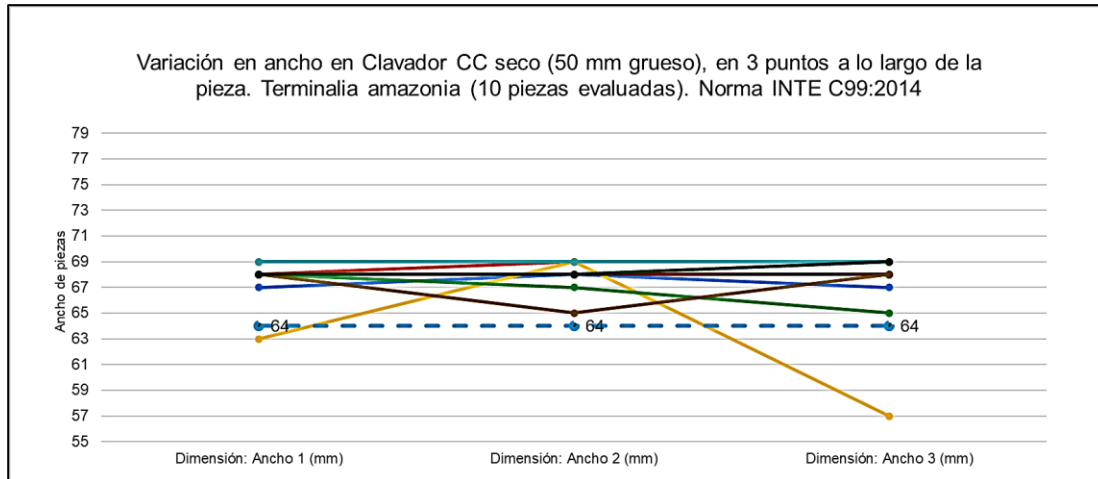


Nota: La línea azul intermitente indica el valor nominal de la pieza en grosor. Las unidades en el eje de las Y refieren a milímetros (mm) en cada punto de toma de medición. Fuente: Elaboración propia

Sobre las evaluaciones **del ancho** de los clavadores con cepillo, los estadísticos muestran un promedio aritmético de 67,5 mm, una reducción del valor nominal de -7,5 mm, sin embargo, el

promedio se encuentra dentro del rango de valor mínimo permitido. Solo una pieza de las 10 evaluadas presenta valores que dejan por fuera el mínimo permitido, es la primera de todas las piezas de uso estructural que queda por fuera. En la Figura 56 se pueden observar el detalle de los resultados del ancho en los 3 puntos a lo largo de la pieza y su comportamiento dimensional.

Figura 56. Evaluación del ancho en clavadores con cepillo de 50 mm de espesor, 75 mm de ancho y 3360 mm de largo en 3 puntos de la pieza, para piso de *T. amazonia* de plantación con 26 años. (1er trimestre de 2022, Palmares de Pérez Zeledón)



Nota: La línea azul intermitente indica el valor nominal de la pieza en ancho. Las unidades en el eje de las Y refieren a milímetros (mm) en cada punto de toma de medición. Fuente: Elaboración propia

En la evaluación del **contenido de la humedad**, 6 piezas cumplen con el mínimo solicitado por la norma, estas presentaron una reducción promedio de humedad de 1,42%/día, según Moya et al. (2019) los rangos para esta especie están entre 0,76 – 3,18%/día. Esta medición está por encima en 0,7% del mínimo documentado y superior a la media, las restantes 4 piezas se encontraban entre el 20% y 25% de humedad, si se toma en cuenta el porcentaje de reducción obtenido por el promedio general, restarían menos de 6 días más para que se hubiese alcanzado el mínimo requerido para estas 4 piezas en el rango.

Observación preliminar:

- La velocidad y reducción de la humedad en secciones gruesas de madera en esta especie, en proceso natural, sin requerimientos de medios mecánicos, puede convertirse en una ventaja competitiva para el productor industrial, un buen elemento de mercadeo y de confianza hacia el consumidor final.

5.16 Resultados del proceso de preservación por inmersión – difusión con sales de boro.

A continuación, se presentan los resultados de las 6 fechas mediciones efectuadas durante el periodo de penetración de las sales de boro en la madera tratada con este preservante, en los dos tipos de estibas de los grupos M y B.

5.17.1 Resultados de penetración por colorimetría.

Los resultados obtenidos indican que la *T. amazonia* presenta una alta capacidad de penetración y protección contra insectos cuando se aplica el tratamiento con sales de boro por inmersión-difusión. Se observó una penetración cercana al 100% en los tejidos vasculares en cortes transversales a los 30 días de mediciones, tal como se señala en los estudios realizados por Moya et al. (2019) en madera proveniente de plantaciones jóvenes.

La evaluación de la penetración visual de las sales de boro se realizó en 15 muestras seleccionadas al azar, divididas en dos grupos: "M" y "B", en estas se llevaron a cabo con seis evaluaciones en distintas fechas, comenzando la primera a los 8 días de iniciado el proceso de inmersión-difusión y repitiéndose cada 5 días. Se realizaron cortes transversales cada 20 cm a lo largo de cada pieza evaluada.

La última medición se realizó 30 días después del inicio del proceso de inmersión-difusión. Se observó que el preservante penetró de forma uniforme y permeable en las piezas, lo cual está en concordancia con lo mencionado por Moya et al. (2019), citado por Moya, Gaitán y Berrocal (2021).

5.17.2 Resultados Grupo M.

En el **grupo "M"**, se utilizaron muestras de pisos con espesores de 25 mm x 100 mm (4 repeticiones) y de 31 mm x 125 mm de ancho (3 repeticiones). En ambas muestras, se logró una penetración del 100% en al menos una repetición de cada tipo de producto. En general, la mayoría de las muestras lograron superar el 85% de cobertura transversal. Sin embargo, hubo una excepción (muestra M2) que tenía un espesor de 31 mm y mantuvo un rango de penetración entre el 50% y el 64.7% en todas las mediciones de colorimetría.

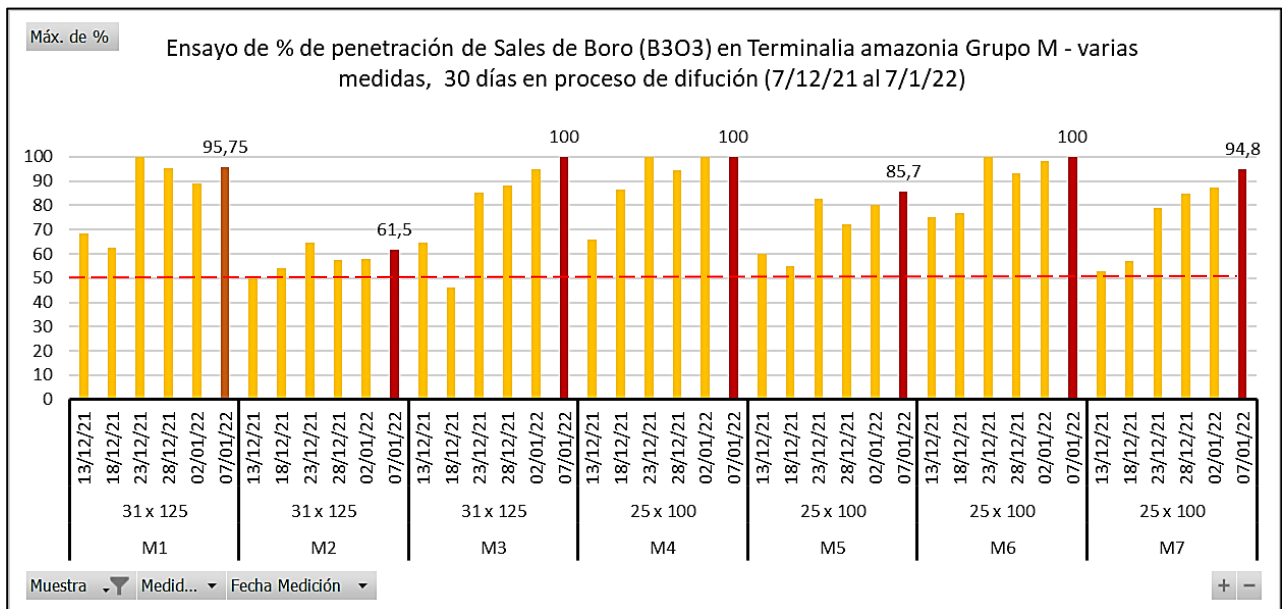
Según lo mencionado por Moya et al. (2019), para lograr una penetración del 100% en la madera de *T. amazonia* proveniente de plantaciones jóvenes con un espesor de hasta 38 mm, se requerirían menos de 5 días de proceso de difusión. Sin embargo, en esta evaluación y considerando las 6 repeticiones del Grupo M, se alcanzó solo el 50% de penetración de las sales de boro después de 8 días de inicio del proceso de difusión (6.25% por día). A partir de ese punto, la penetración

continuó aumentando, y el 23 de diciembre (17 días después del inicio) 3 de las 7 muestras lograron el 100%, mientras que 2 muestras alcanzaron el 80% en esa misma fecha. Las 3 muestras restantes se quedaron rezagadas, pero no tuvieron menos del 50% de penetración.

Estos resultados garantizan una cobertura de penetración de aproximadamente de 5 a 7 mm desde la superficie hacia el interior de todas las piezas.

Teniendo en cuenta el incremento diario en la penetración de las sales de boro en la madera de 26 años de plantación, si se necesita seleccionar un producto específico para la producción de pisos con esta especie y destinado al mercado nacional, donde se ha estado accediendo a productos con mayor valor agregado, la opción de medida de 25 mm x 100 mm se perfila como la más adecuada debido a su rapidez de preservación y menor requerimiento de madera para su obtención. En la Figura 57 siguiente, se presentan estos resultados de penetración.

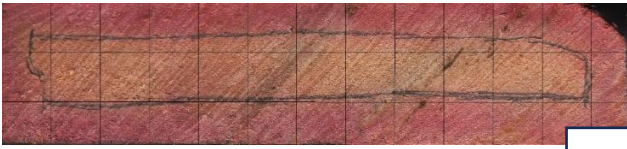



Figura 57. Evaluaciones de colorimetría con Sales de Boro, Grupo M (2 medidas) en 6 fechas de medición, para la especie T. amazonia. 30 días en difusión.



Nota: La línea roja intermitente marca el 50% de la cobertura de las piezas. Fuente Elaboración propia

En el Cuadro 21 se muestra los resultados de las evaluaciones de colorimetría y la comparación de penetración de las muestras M3 y M4, para ambos en la primera fecha de medición y la última fecha de evaluada en la que alcanza el 100%.

Cuadro 21. Muestras de resultados de colorimetría con Sales de Boro en muestras “M” en la especie *T. amazonia*, 30 días en proceso de difusión

<i>Condición de penetración en la primer fecha de medición</i>	<i>Condición de penetración en la última fecha de medición</i>
<p data-bbox="164 317 773 407">Fecha: 13/12/2021 Muestra M3, con 64,4% de penetración.</p> 	<p data-bbox="799 317 1401 407">Fecha: 7/01/2022 Muestra M3, con 100% de penetración</p> 
<p data-bbox="164 695 773 764">Fecha: 13/12/2021 Muestra M4, con 66% de penetración</p> 	<p data-bbox="799 695 1401 764">Fecha: 7/01/2022 Muestra M4, con 100% de penetración</p> 

Nota: Cada cuadrante dibujado, representa un área de medición de 10 mm x 10 mm. Elaboración propia.

Observaciones preliminares:

- Para asegurar al menos 50% del área de penetración de sales de boro en productos como pisos para ambas medidas de largo, sería necesario un período de al menos 8 días en difusión, y su comercialización en estado verde, o bien, continuar el proceso de secado natural durante 30 días más para la venta final.

- Con 15 días de proceso en inmersión-difusión el piso de menor grosor y ancho contaría con aproximadamente el 70% de cobertura de preservante, no menos de 7 mm de penetración desde el exterior, lo cual adiciona valor comercial al producto y brindando una garantía de protección contra xilófagos, opción que el mercado de la construcción está anuente a consumir, porque esto da certeza de cumplimiento y defensa efectiva en las condiciones de trabajo.

- Actuales consumidores y potenciales clientes de pisos de madera podrían tener preferencia por un producto que presenta una cobertura periférica adecuada y ofrecer esta protección mediante las sales de boro, esto siempre y cuando se crea la oferta del producto y se divulgue y eduque a los consumidores finales. Es importante destacar que este producto no es tóxico ni supone un riesgo alto para la salud humana según las hojas de seguridad del químico utilizado marca

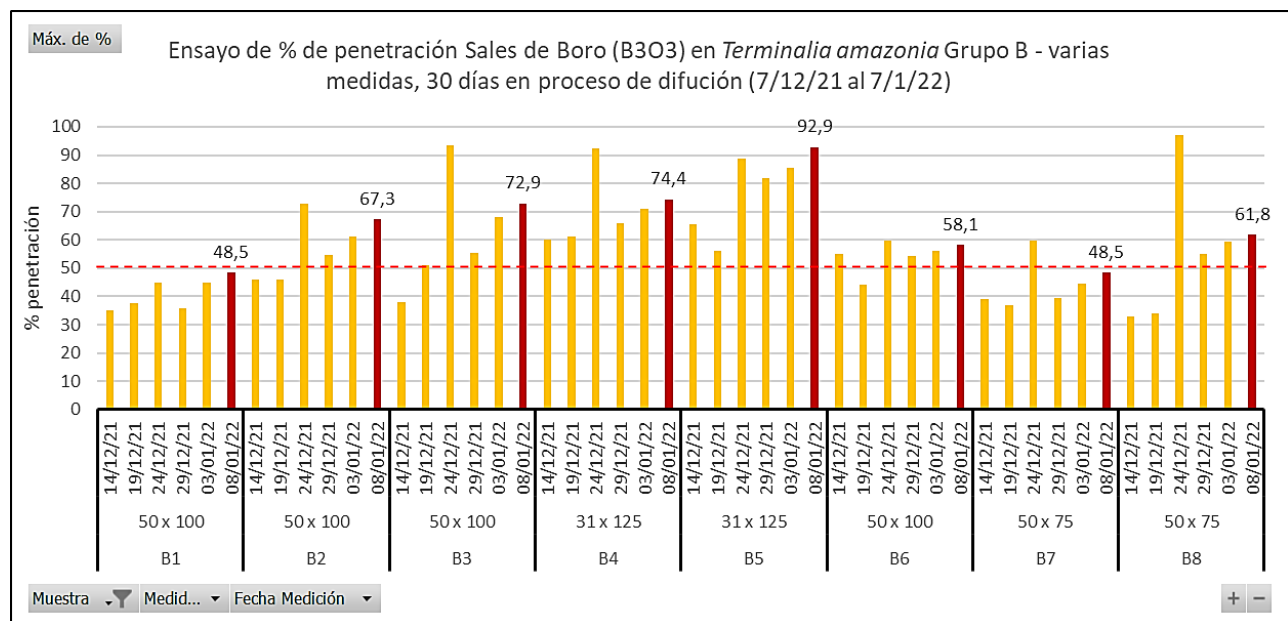
IKABOR (Fecha de publicación, noviembre del 2000), el Ácido Bórico en contacto esporádica con la piel no produce irritación, así mismo, estudios realizados sobre afectación de la reproducción ⁴ en humanos, no encontró efectos o en el desarrollo del feto.

5.17.3 Resultados Grupo B.

En cuanto a los resultados del grupo "B" de las pruebas colorimétricas, los cuales están en la Figura 58, estos incluían tres tipos de productos: pisos, vigas y clavadores, se obtuvo para la última fecha de evaluación que, para el producto para piso con espesor de 31 mm logró el mayor porcentaje de penetración transversal, alcanzando un 92,9% (muestra B5).

Para el grupo de productos de clavadores con un grosor de 50 mm y un ancho de 75 mm, en una de las dos muestras de ensayo se logró únicamente una penetración escalonada de hasta el 61,8% (muestra B8), en la última medición a los 30 días en difusión.

Figura 58. Evaluaciones de colorimetría con Sales de Boro, Grupo B (2 medidas) en 6 fechas de medición, para la especie *T. amazonia*. 30 días en difusión



Nota: Fuente Elaboración propia

Sin embargo, en el penúltimo cálculo de esta misma muestra, había alcanzado un 97% de penetración, esto indica que pueden presentarse variaciones en la capacidad de absorción a lo largo de una misma pieza, dependiendo del tipo de tejido presente, ya sea albura o duramen.

⁴ [Ácido Bórico granular \(quimipur.com\)](http://quimipur.com) (2015), [Acido-Borico-Granular-Hoja Seguridad.pdf \(accionquimica.com\)](http://accionquimica.com) (2023)

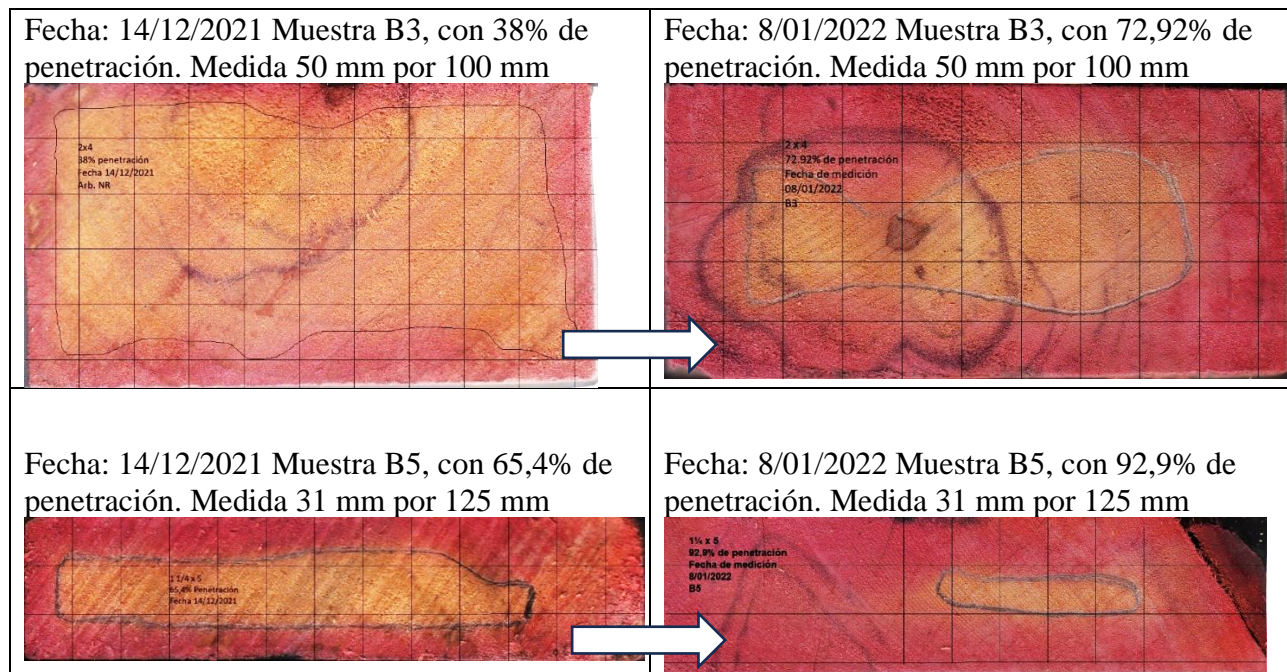
Aunque en el caso de la especie *T. amazonia*, la literatura indica que no es fácil distinguir entre estos dos tipos de tejidos, según Moya et al. (2019, pág. 18) en su guía de preservación de la madera, las pruebas realizadas muestran que tanto la albura como el duramen de esta especie presentan una capacidad de penetración catalogada como permeable y uniforme.

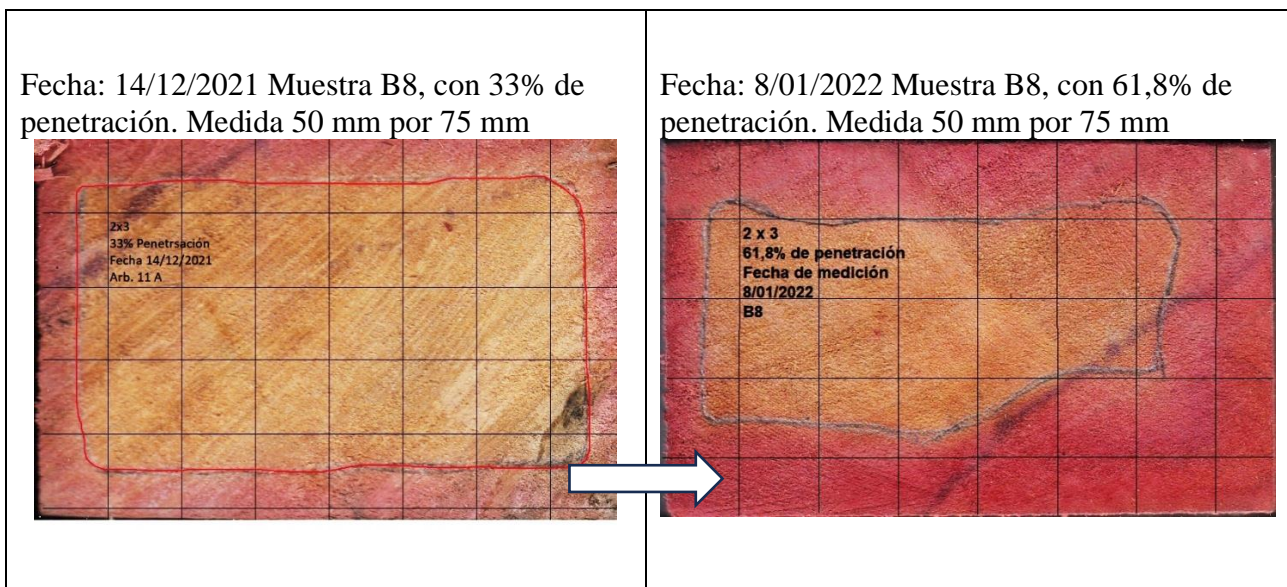
En el grupo de productos de vigas, compuesto por cuatro repeticiones de piezas con un grosor de 50 mm y un ancho de 100 mm, los resultados en la última evaluación colorimétrica indican que tres de las piezas superaron el 58% de penetración (muestras B2, B3, B6), destacando especialmente la pieza de muestra B3 con un 72,9% de penetración.

Sólo una de las repeticiones (muestra B1) alcanzó un 48,5% de penetración en la última fecha de evaluación. Estos resultados en el grupo de vigas pueden explicarse debido al efecto del mayor espesor y ancho de las piezas, lo cual podría indicar que requiere de más tiempo en inmersión, ya que este ensayo se dejó por un lapso de 1,5 horas. Aumentando en una o dos horas más para piezas de mayor grosor y adicionando un segundo producto de sales solventes, el cual podría mejorar la cobertura en las piezas.

En el Cuadro 22 se muestra los resultados de colorimetría y la comparación de penetración de las muestras B3, B5, y B8 con distintos porcentajes de penetración, correspondiente en la primera fecha de medición (14/12/2021) y la última toma del (8/01/2022).

Cuadro 22. Resultados de evaluación de colorimetría con Sales de Boro en muestras Grupo B. en la especie Terminalia amazonia, a 30 días en proceso de difusión. Elaboración propia





Observaciones preliminares:

- La selección de grupos de producto con mayor rapidez (menos días requeridos) de penetración del preservante, supondría la posibilidad de contar con inventarios más expeditos para el industrial, acortando los tiempos de puesta en venta al consumidor final, y favoreciendo la rotación de inventarios disponibles.
- Se deja evidencia en este ensayo que la especie de *T. amazonia*, permite alcanzar hasta el 50% de área de penetración, para piezas mayores de 50 mm con inmersión- difusión, con 30 días de proceso.
- En cuanto a mejorar la penetración del preservante en piezas de mayor grosor, y asegurar la calidad ofrecida en estas piezas, sería requerido aumentar el tiempo de inmersión en la disolución de sales de boro con los dos productos sugeridos para lograr u 100% de solución saturada en agua.
- En general el método de preservación con Sales de Boro es sencillo, no requiere de alta tecnología, la inversión inicial demanda preferiblemente un tanque con dimensiones suficientes del tamaño de la madera e inoxidable si fuese posible, un mecanismo de carga mecánica, y un el espacio para difusión, esto adiciona valor agregado a la madera para uso en interiores, como lo ofrecen actualmente otras maderas importadas al país.

5.17.4 Resultados de porcentaje de retención de sales de boro mediante método de análisis químico en laboratorio, protección contra xilófagos en la madera.

En la última medición realizada a las piezas evaluadas después de 30 días de iniciado el proceso, se seleccionaron al azar las siguientes muestras para su análisis: en el grupo M, las piezas M1, M3, M4 y M6; y en el grupo B, las piezas B2, B3, B5 y B8. Estas muestras fueron enviadas al Laboratorio de Análisis Químico del Instituto Tecnológico de Costa Rica, donde el profesor Ing. Alexander Berrocal efectuó el análisis y obtención de los resultados de retención utilizando el método de absorción de rayos UV para determinar las sales de boro. Según lo indicado por Moya et al. (2019, pág. 335), se establece un rango de retención para esta especie entre 0,19 y 0,76 kg/m³ de sales de boro. De acuerdo con los resultados obtenidos de las ocho muestras analizadas, para el grupo de productos de pisos (ambos grupos) se tiene un promedio de 0,82 kg B₂O₃/m³ y en el grupo de producto de vigas y clavadores (ambos grupos) un promedio de 0,92 kg B₂O₃/m³ de sales de boro, obteniéndose resultados positivos en el proceso de retención por la madera.

Según los resultados, esta concentración fue adecuada para alcanzar e incluso superar, en algunas muestras, los niveles reportados por Moya et al. (2019) para la especie *Terminalia amazonia*, lo que indica un nivel adecuado de protección contra xilófagos, catalogándose como un método efectivo de preservación para madera de *T. amazonia* a una edad de 26 años.

Sobre la concentración utilizada g/L en el tanque de inmersión con capacidad de 7,5 m³, con dimensiones 1,5 m ancho, por 5 m de largo, por 1 m de nivel de agua, fue de 364,5 kg de producto de Ácido Bórico, con una relación de 48,6 g/L, cantidad que se determinó con la ecuación⁵ =0,0191*((X1)^2)+(0,5607*(X1))+27,041 donde (X1) es la temperatura promedio de trabajo en sitio, la cual fue de 22 C°.

Según los resultados que se muestran en el Cuadro 23, esta fue la concentración requerida para alcanzar e incluso superar en algunas muestras, los niveles reportados por Moya et al. (2019) para la especie *T. amazonia*, la cual muestra un nivel de protección adecuado contra xilófagos por este método de tratamiento, de forma tal que haya confianza de protección en el uso constructivo. A pesar de regularse en otras normas nacionales los niveles requeridos de concentración en 4,5 kg/m² madera para uso estructural, estos valores solo son posibles de alcanzar con métodos de sistemas a presión (Berrocal, A. comunicación personal, 23 de mayo de 2023), sin embargo, las concentraciones

⁵ Guía para la preservación de madera por el método de inmersión – difusión con sales de boro, TEC, 2021.

en esta especie, permite una protección razonable, ya que, aún expuesta a plagas en el lugar de ensayo, no fue la mayoría afectada por perforadores presentes.

Cuadro 23. Determinación de concentración por retención de Sales de Boro, en laboratorio de 8 muestras con distintas dimensiones, en Terminalia amazonia, con 30 días de difusión

Muestra	Producto evaluado	Retención (kg B ₂ O ₃ /m ³)
B2	50 mm x 100 mm	0,769
B3	50 mm x 100 mm	1,012
B5	31 mm x 125 mm	1,328
B8	50 mm x 75 mm	1,044
M1	31 mm x 125 mm	0,645
M3	31 mm x 125 mm	0,762
M4	25 mm x 100 mm	0,840
M6	25 mm x 100 mm	0,606

5.17 Reflexiones finales.

Se han realizado investigaciones en etapas tempranas y medianas de crecimiento sobre las plantaciones de *T. amazonia* en el país, pero hay una carencia documentada de evaluaciones en plantaciones con más de 25 años en Costa Rica. Estos resultados, esperados después de años de crecimiento se han originado en parte gracias a la iniciativa de los propietarios de la madera y la industria forestal, la información acá disponible para el sector de la construcción, el público en general y en particular, para arquitectos y profesionales civiles que requieren información técnica precisa, servirá de guía para su uso.

Tras completar las pruebas y presentar los resultados correspondientes sobre la madera de *T. amazonia*, incluyendo su determinación cuantitativa y cualitativa en términos de dimensiones necesarias, secado y preservación, se destaca el esfuerzo de trabajo e investigación dedicado a esta especie forestal, que se revela como una opción prominente para la industrialización de la madera y su uso en el sector constructivo.

A pesar de las deficiencias en las medidas mínimas requeridas por las normativas y las limitaciones conocidas acá expuestas, se ha obtenido información valiosa sobre otras cualidades prometedoras de esta madera.

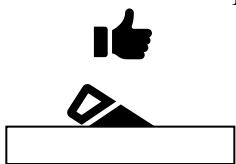
Se ha documentado razones significativas para promover el uso de *T. amazonia* en el sector de la industrial. Esta madera es confiable si se selecciona adecuadamente durante su proceso de industrialización y se le brindan las condiciones necesarias para mejorar su calidad. Además, es factible secarla al natural hasta alcanzar porcentajes adecuados para aumentar su resistencia estructural en cuestión de semanas o pocos meses, dependiendo de la época del año. También es altamente adecuada para tratamientos de preservación, utilizando sustancias químicas inofensivas para las personas y el medio ambiente, disponibles en el mercado local y fáciles de almacenar y aplicar mediante el método de inmersión y difusión.

Además, la aplicación de las normas existentes para clasificar la calidad y el establecimiento de estándares de aptitud claros, confiables, replicables y reconocidos para la madera es una tarea profesional que involucra a la academia en colaboración con el sector industrial. Aquí se han determinado particularidades de calidad de la *T. amazonia* y su conformidad con las especificaciones de las normas.

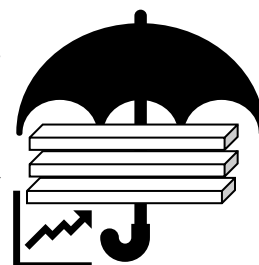
La producción consistente de bienes materiales a partir de la madera proveniente de nuestras plantaciones, con una calidad constante por parte de la industria forestal, es necesaria y claramente requerida. A diferencia de lo que ocurre en otros países con tradición en silvicultura e industria, como Chile, en nuestro país, cada año aumenta el porcentaje de importación de madera (ONF, 2023, pág. 11). La implementación de un sistema de normalización aumentaría la confianza de los consumidores cuando se trata de productos nacionales de este tipo que estén disponibles y sean accesibles. Simultáneamente, se necesita generar más investigaciones, como la presente, y llevar a cabo un proceso de información y educación de la población para la selección de la madera según su uso.

6. CONCLUSIONES

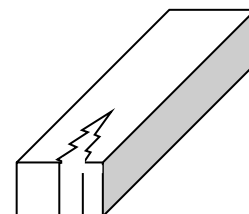
- 1) Para esta evaluación la especie *T. amazonia* no cumple con las exigencias establecidas de la norma INTE C99:2014, principalmente en lo que respecta al grosor de las dimensiones de las piezas. Las mediciones presentaron un rango aproximado entre 0,5 a 2,5 mm en grosor faltante, para que las piezas evaluadas llegaran al menos a la menor medida de tolerancia (rango inferior de aceptación o clase 3 de la norma), este incumplimiento de tan solo milímetros puede atribuirse a factores relacionados con la maquinaria, y no a la especie, ya que bajo otro escenario de equipos modernos y con mejores calibraciones, podría cumplirse con las exigencias de la norma de calidad.



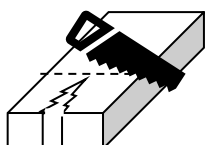
- 2) De acuerdo con las pruebas realizadas con el método de **preservación por inmersión-difusión** para la especie *T. amazonia*, se concluye que este proceso resulta efectivo y conveniente en esta especie forestal para su uso y aumenta la durabilidad contra xilófagos en la construcción. Se logró una penetración mínima del 50% en todas las piezas evaluadas y una retención que se valora como suficiente según el método empleado en las sales de boro.



- 3) El defecto más común encontrado en la **madera aserrada de uso general (Piso)** son las **rajaduras en las puntas**. Estas rajaduras, que son inherentes a la especie debido a sus tensiones internas, pueden reducirse o minimizarse durante el proceso de secado previo al mantener la madera en condiciones de sombra total y con adecuada ventilación. Esta preparación previa contribuirá a que una mayor cantidad de piezas cumplan con los requisitos establecidos por las normas y presenten menos rajaduras o defectos.



- 4) En el caso de **las vigas y clavadores** utilizados en aplicaciones estructurales, se ha observado que las **rajaduras en los extremos** son el defecto más frecuente. Estas rajaduras reducen automáticamente la resistencia estructural, lo cual está normado (según INTE C100:2020) mediante la aplicación de un factor teórico de 0,5 al porcentaje de resistencia de trabajo que cada pieza puede tener. Sin embargo, la solución radica en eliminar las partes dañadas en los extremos y mejorar la integridad y resistencia de las piezas.





5) En la evaluación del **contenido mínimo de humedad** requerido por la norma, se ha llegado a la conclusión de que la especie *T. amazonia* se **seca de forma natural de manera rápida**, ya que más del 60% de las piezas evaluadas cumplen con el contenido mínimo especificado, y el 38% se ubicó a 5 puntos porcentuales por encima del requerimiento mínimo. A pesar de que este parámetro es crucial para la calidad final de la madera, las normas no establecen un procedimiento específico para el secado, sea natural o en hornos, solo cumplir con el porcentaje mínimo requerido del 19%.

6) En lo que respecta al proceso de secado de la madera de *T. amazonia*, es esencial proporcionar las condiciones óptimas durante esta fase y evitar acciones adversas que puedan provocar una pérdida de calidad. Esto incluye protegerla de la exposición directa al sol, la lluvia, la humedad ambiental y el posible ataque de plagas o xilófagos.



7) La evaluación de la madera de acuerdo con las normas de calidad, en particular las Normas INTE C99:2014 y INTE C100:2020, desempeña un papel esencial en garantizar la conformidad de un producto y la calidad de la madera, su estandarización dimensional y nivel de aptitud. Este estudio subraya la importancia de seguir procedimientos específicos y utilizar métodos de evaluación visual, así como la determinación de parámetros mínimos, para obtener resultados precisos. Sin embargo, la industria forestal tradicional carece de estándares y no realiza mediciones con el nivel de precisión requerido por la norma en lo que respecta a la calidad y la estandarización.

8) Se concluye, con respecto propiamente a la especie *T. amazonia* que a pesar de no cumplir con las dimensiones requeridas, puede utilizarse por los industriales de la madera como una especie adecuada para promoverla en el sector de la construcción por las razones de fácil aserrado, facilidad de preservación, rapidez de secado al natural los cuales disminuye los tiempos de almacenaje y puesta en venta, además de su clasificación como madera dura y densa. Con relación a las normas evaluadas, la industria forestal tradicional aún no se adapta a los requerimientos establecidos de las medidas puntuales de cumplimiento.

7. RECOMENDACIONES

1. El negocio del procesamiento de madera constituye un componente esencial en la cadena de creación de valor del recurso forestal, y se apremia que algunos de sus procedimientos presenten diferencias sustanciales en relación con todos los competidores. De esta manera, se busca alcanzar resultados superiores al promedio dentro del sector, con el objetivo de posicionarse como líder en la industria, por lo que realizar declaraciones de cumplimiento de normas de calidad nacional, así como dar valor agregado a la madera para su preservación, son elementos diferenciadores que el mercado nacional de la construcción valora positivamente.
2. Es de suma importancia considerar que la tecnología representa uno de los recursos más vitales para la empresa forestal, ya que está presente en todas las etapas del proceso, desde el diseño del producto hasta la satisfacción que dicho producto debe proporcionar en un mercado específico. Modernizar los equipos y maquinaria debe valorarse y realizarse tanto como desarrollar nuevos productos, y debe verse como una inversión que los mantendrá vigente en el mercado.
3. Se recomienda mejorar los procesos de corte y ajustes en la maquinaria actual para garantizar la conformidad con los estándares de calidad nacionales en la madera. Esta práctica es aplicable a todas las especies forestales. Además, se sugiere capacitar al personal en el uso de estas normas para asegurar la calidad del producto.
4. A INTECO, se le recomienda considerar los resultados obtenidos en cuanto a cumplimiento de las medidas mínimas, principalmente en las medidas de grosor, ya que el tipo de maquinaria industrial forestal que aún persiste en el país, no precisa de las medidas milimétricas de tolerancia, requiriendo así aumentar los rangos de clasificación de la madera para admitir el ingreso de las piezas en las 3 clases nuevas de calidad establecidas.

9. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Apuy, F. (2017). Mercado mundial de la madera y tendencias para productos de valor agregado. <http://servicios.procomer.go.cr/aplicacion/civ/documentos/Mercado%20mundial%20de%20la%20madera%20y%20tendencias%20para%20productos%20de%20valor%20agregado.pdf>
- Avilés-Palacios, C. y López-Quero, M. (2015). Innovación medioambiental en las empresas del sector forestal. Revista de Responsabilidad Social de la Empresa. 19. (113-132). https://www.accioncontraelhambre.org/sites/default/files/documents/19_0.pdf#page=113
- Andersson, C. (2001). Sierra de cinta. Parte III: análisis de estrés de la microgeometría del diente de sierra. International Journal of Machine Tools & Manufacture , - (41).
- Andersson, C., Stahl, J. -E. y Hellbergh, H. (2001). Sierra de cinta. Parte II: detección de errores de posición, dinámica de la herramienta y desgaste mediante medición de la fuerza de corte. International Journal of Machine Tools & Manufacture , - (41).
- Bustamante, A. Castillo, O. (1983). Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de algunas maderas del sector sur del Ecuador. [Tesis de grado, Universidad Técnica Particular de Loja]. <http://dspace.utpl.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/16915/1028918.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Barrantes-Rodríguez, A. y Ugalde-Alfaro, S. (2020). Precios de la madera para las especies más comercializadas 2020. San José, CR. ONF. 9 p. [Precios de la madera en Costa Rica 2020 by ONF Costa Rica - Issuu](#)
- Barrantes-Rodríguez, A. y Ugalde-Alfaro, S. (2019). Usos y aportes de la madera en Costa Rica. Estadísticas 2019 & Precios 2020. San José, CR. ONF. 48 p. <https://onfcr.org/usos-y-aportes-de-la-madera-en-costa-rica>
- Barrantes-Rodríguez, A. y Ugalde-Alfaro, S. (2014). Usos y aportes de la madera en Costa Rica. Estadísticas 2013. San José, CR. ONF. 32 p. <https://onfcr.org/usos-y-aportes-de-la-madera-en-costa-rica>

- Barrantes-Rodríguez, A. y Ugalde-Alfaro, S. (2018). Estudio de percepción sobre el uso y consumo de madera en Costa Rica. [Diapositiva Power Point]. [Estudio de percepción sobre el uso y consumo de madera en Costa Rica. – Oficina Nacional Forestal \(ONF\) \(onfcr.org\)](#)
- Barrantes, A. y Ugalde S. (2012). Usos y aportes de la madera en Costa Rica. Estadísticas 2011. San José, CR, Oficina Nacional Forestal. 9 p. <https://onfcr.org/usuarios-y-aportes-de-la-madera-en-costa-rica>
- Borrás, X. (2010). Breve historia de la madera como material de construcción. <https://www.interempresas.net/Madera/Articulos/44265-Breve-historia-de-la-madera-como-material-de-construccion.html>
- Bustamante, A. y Castillo, O. (1983). Estudio de propiedades físicas y mecánicas de algunas maderas del sector sur del Ecuador [Tesis de grado, Universidad Técnica Particular de Loja]. <http://dspace.utpl.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/16915/1028918.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Berrocal, A. (2021). Preservación de la madera. [Diapositiva Power Point]. http://www.digeca.go.cr/sites/default/files/preservacion_de_la_madera.pdf
- 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. 203 p
- Cruz de León, J. (s.f.). Consideraciones tecnológicas en la protección de las maderas. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. <https://www.conafor.gob.mx/biblioteca/Consideraciones-tecnologicas-de-la-madera.pdf>
- Carpio-Malavasi, I. (1992). Maderas de Costa Rica 150 especies forestales. Universidad de Costa Rica. <https://books.google.co.cr/books?id=d5CcLXk9A3YC&printsec=copyright#v=onepage&q&f=false>

- Campos-Wellmann, C. (2015). Determinación de propiedades físicas y mecánicas de la madera de *Pinus maximinoi*. H. E. Moore; COBÁN, Alta Verapaz. Universidad Rafael Landívar. <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2015/06/22/Campos-Christian.pdf>
- Chavarría-Navarro, S. (2017). El consumo de madera local en Costa Rica: Análisis de influencia en el sector mueblero, construcción e instituciones públicas dentro del Valle Central, para promover su uso. UNA Costa Rica. <https://repositorio.una.ac.cr/handle/11056/13657>
- Cianciarulo, T. y Llambías, E. (2013). Preservación de la madera. <http://www.fadu.edu.uy/tesinas/files/2015/12/PRESERVACI%C3%93N-DE-LA-MADERA-ENTREGA-FINAL-CIANCIARULO-LLAMB%C3%8DAS.pdf>
- Chávez-Valencia, L., Hernández-Barriga, C. y Ruiz-Jaime, L. (2010). Determinación de la calidad de la madera de construcción. *Revista Acta Universitaria*, 20(2), 5-13. <http://www.acuedi.org/ddata/1600.pdf>
- Charalampos, L., Miltiadis, N., Evaggelos, S., Dimitrios, B. (2016). Assessment of a modification to the Brinell method for determining solid wood hardness. *Mater Struct* 49, 961–967. <https://doi.org/10.1617/s11527-015-0551-4>
- Dussan-Villamil, I., y Rincón-Herrera, M. (2014). Uso de la madera como materia prima de construcción para una solución de vivienda en un sector socioeconómico medio de la población en la ciudad de Villavicencio-Meta. https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/14295/1/2014_uso_madera_materia_.pdf
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2014). El estado de los bosques del mundo. <http://www.fao.org/3/i3710s/i3710s.pdf>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) (s.f.). La creación de industrias forestales sostenibles. <i2000s02.pdf> (fao.org)

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) (2005). Tendencias históricas y la situación del sector forestal. <http://www.fao.org/3/a0470s/a0470s-04.htm>
- Green, D. Begel, M. Nelson, W. (2006). Janka Hardness Using Nonstandard Specimens. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 13 p. https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplrn/fpl_rn303.pdf
- Greemap. (2 de julio 2021). Propiedades De La Madera. <https://greemap.es/maderas/propiedades-de-la-madera/>
- González-Soto, A. (2017). Control de calidad de madera en pie y madera aserrada para el mercado de construcción del grupo empresarial El Almendro. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional]. <https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/14153/Control%20de%20calidad%20de%20madera%20en%20pie%20y%20madera%20aserrada%20para%20el%20mercado%20de%20construcci%C3%B3n%20del%20Grupo%20E.pdf?sequence=2>
- González-Beltrán, G. (2017). Requisitos para madera estructural según el CSCR-2010 y su aporte en la investigación. Revista Métodos y Materiales, 5 (1), 16-27. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/materiales/article/view/29704/30367>
- Google. (2021). Ubicación de industria forestal S&Q. <https://www.google.co.cr/maps/place/9%C2%B018'18.7%22N+83%C2%B039'30.2%22W/@9.3052083,-83.6605707,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x0:0x0!8m2!3d9.305203!4d-83.658382?hl=es>
- GRUPO ACMS. (15/12/2016). Normas para madera: Madera aserrada madera de construcción. <https://www.grupoacms.com/noticias/facilitar-el-comercio-internacional-de-madera-con-las-normas-iso>
- INTECO (Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica). (2018). Maderas. Terminología. (Norma número INTECO C98:2018).
- INTECO (Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica). (2014). Madera aserrada para uso general. Requisitos. (Norma número INTE C99:2014)

INTECO (Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica). (2020). Madera estructural. Clasificación en grados estructurales para la madera aserrada mediante una evaluación visual (Norma número INTECO C100:2020)

INTECO (Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica). (2020). Madera estructural. Clasificación en grados estructurales para la madera aserrada mediante una evaluación visual (Norma número INTECO C397:2020)

INTECO (Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica). (19 octubre de 2018). País cuenta por primera vez con normas para identificar madera de calidad. <https://www.inteco.org/blog/noticias-2/pais-cuenta-por-primera-vez-con-normas-para-identificar-madera-de-calidad-171>

INTECO (Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica). (s.f.) ¿Qué es una norma? https://www.inteco.org/page/inteco.standards_development

Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA- COSTA RICA). (2016). Suelos de Costa Rica Orden Ultisoles, Boletín Técnico. PDF.

Lizán-Narro, P. (2016). Construir en madera. <http://hdl.handle.net/10251/99535>

Leitón, P. (19 junio de 2018). Estudio del Incae estima déficit de 32.000 viviendas en Costa Rica. La Nación. <https://www.nacion.com/economia/politica-economica/estudio-del-incae-estima-deficit-de-3200/X3MWO3CM5RBRVIP6PCZS2USRVI/story/>

Missouri Botanical Garden. (24 junio de 2021). Terminalia amazonia (J.F. Gmel). <https://tropicos.org/name/8200207>

Montero, M. Kanninen, M. (2005). Terminalia amazonia, ecología y silvicultura. CATIE. <http://hdl.handle.net/11554/4194>

Madera y Economía Circular. (7 de diciembre del 2019). <https://www.emedec.com/madera-y-economia-circular/>

- Murillo, O. Badilla, Y. Rojas, F. Torres, G. Carvajal, D. (2015). Cultivo de especies maderables nativas de alto valor para pequeños y medianos productores Código del proyecto 5401-1401-1022. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/6438>
- Murillo Ossa, R. (2017). La madera como sistema constructivo para general viviendas sostenibles en Medellín. [Tesis de grado, Universidad Pontificia Bolivariana Escuela de Arquitectura y diseño Facultad de Arquitectura Medellín]. Colombia.
<https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/5011>
- Moya, R., Muñoz F. (2010). Physical and mechanical properties of eight species from fast-growth plantation in Costa Rica. *Journal of Tropical Forest Science* 22(3):317-328.
<https://www.tec.ac.cr/publicaciones/hysical-mechanical-properties-eight-species-fast-growth-plantation-costa-rica>
- Moya, R., Muñoz F., Salas J., Berrocal A., Leandro L., Esquivel E. (2010). Tecnología de madera de plantaciones forestales: Fichas Técnicas. Editorial Corporación Garro y Moya. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*. 7 (18-19). <http://www.tec-digital.itcr.ac.cr/servicios/ojs/index.php/kuru/article/view/383/316>
- Moya, R. Leandro, L. Murillo, O. (2009). Características de la madera de *Terminalia amazonia*, *Vochysia guatemalensis* y *Hyeronima alchorneoides* plantadas en Costa Rica. *Revista Bosque*, 30(2), 78-87. <http://revistas.uach.cl/index.php/bosque/article/view/5811>
- Meneses y Guzmán. (2000). Productividad y eficiencia en la producción forestal basada en las plantaciones de pino radiata. *Revista Bosque*, 21(2), 3-11.
<http://revistas.uach.cl/pdf/bosque/v21n2/art01.pdf>
- Moya Roque, R. Tenorio Mongo, C. Salas Garita, C. Berrocal Jiménez, A. Muñoz Acosta, F. (2019). Tecnología de la madera de plantaciones forestales de Costa Rica. Editorial Universidad de Costa Rica. 494 pág.

ONF. 2023. Balanza comercial y principales tendencias de las exportaciones e importaciones de madera y muebles de madera en Costa Rica, estadísticas 2022. Oficina Nacional Forestal. San José, Costa Rica. 30p

Organización Internacional de Normalización ISO. (2015). Sistemas de gestión de la calidad, Fundamentos y vocabulario. <https://www.iso.org/obp/ui/es/#iso:std:iso:9000:ed-4:v1:es>

Ortiz, E., & Soto, C. (2008). Atlas digital de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.

Peirano, Claudia. (2014). La pirámide de la competitividad y su aplicación al análisis competitivo del sector forestal. Revista Científica "Visión de Futuro", 18(1), 111-136.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=357933894004>

Pavidisseny. (8 noviembre 2020). Dureza de tarima flotante de madera.
<https://pavidisseny.com/blog/dureza-de-las-tarimas-flotantes-de-madera.html>

Quirós, R. Chinchilla, O. y Gómez, M. (2005). Rendimiento en aserrío y procesamiento primario de madera proveniente de plantaciones forestales. Revista Agronomía Costarricense, 29, (2), 7-15.
<https://www.redalyc.org/pdf/436/43629201.pdf>

Real Academia Española. (2020). Cultura. En Diccionario de la lengua española. Recuperado el 6 de agosto de 2021, de <https://dle.rae.es/creosota#otras>

Sánchez, R. (2016). El comercio de productos forestales entre Costa Rica y sus principales socios comerciales para el periodo 2007 – 2014. [Trabajo de graduación, Universidad Nacional] 141 p.

Santamaría, O. Boeswald, K. y Solís, P. (2015). Mercado de la madera y derivados en Costa Rica. a. Oferta y demanda. Barreras. Plan de aumento del uso. FONAFIFO, ONF, USAID.
<https://onfcr.org/wp-content/uploads/media/uploads/documents/mercado-de-la-madera-y-derivados-en-cr-final.pdf>

- Suirez, T. y Gilson B. (2010). Descripciones de las propiedades físicas y mecánicas de la madera. Universidad Nacional de Misiones.
https://editorial.unam.edu.ar/images/documentos_digitales/f5_978-950-579-154-5.pdf
- Sampieri, R. et al. (2006). Metodología de la investigación. 4 ed. Mc Graw Hill, México D.F.; MX.850p.https://www.academia.edu/7340383/Metodologia_de_la_investigacion_4ta_edicion_sampieri_20061
- Solís Vindas, P. (2015). Diagnóstico del uso de la madera como material constructivo de viviendas en Costa Rica. [Tesis de pregrado, Universidad Veritas].
https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/13657/Proyecto%20Graduaci%c3%b3n_Stefany%20Chavarr%c3%ada%20Navarro.pdf?sequence=1
- Serrano-Montero, J. R. (2012). Consumo de madera para construcción en Costa Rica y requerimientos para satisfacer a los usuarios. Revista Forestal Mesoamericana Kurú, 3(8), pág. 54–60.
<https://revistas.tec.ac.cr/index.php/kuru/article/view/515>
- Serrano-Montero, J. R., y 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), pág. 1–12. <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/kuru/article/view/370>
- Serrano-Montero, J. R., & Zúñiga-Aguilar, V. (2012). Determinación de condiciones apropiadas de cepillado para el amarillón de plantación en Costa Rica, Terminalia amazonia (J.F. GMEL.) Exell. Revista Forestal Mesoamericana Kurú, 8(20), pág. 20–26.
<https://revistas.tec.ac.cr/index.php/kuru/article/view/375>
- Terminalia amazonia en Costa Rica, Solís Corrales, M. Moya, Roger. (s.f.). (p. 68). Universidad de la Plata. (s.f.). Introducción a las estructuras de madera. Esfuerzos y solicitaciones. [Diapositiva Power Point].
<https://unlp.edu.ar/frontend/media/93/27493/dc730fc71db43a52eed5b8133bb2f8c8.pdf>

Universidad Tecnológica de Chile INACAP. (s.f.). Métodos de preservación de la madera. [Diapositiva Power Point]. <https://es.scribd.com/document/289569423/Secado-de-La-Madera-INACAP-1>

Universidad de Kansas. (s.f.). Caja de herramienta comunitaria. <https://ctb.ku.edu/es/tabla-de-contenidos/participacion/promover-interes-en-la-comunidad/folletos/principal>

Vargas, J. (2018). La Madera: Clasificación y propiedades. [Diapositiva PowerPoint] https://nanopdf.com/download/la-madera-clasificacion-y-propiedades_pdf

Trejo, J; Ninin,P y Rosso, F. (2011). Calidad de los productos aserrados de madera como efecto de la calidad del acabado del filo de las sierras de cintas. [Calidad de los productos aserrados de madera como efecto de la calidad del acabado del filo de las sierras de cintas \(scielo.org\)](http://scielo.org)

Taylor, J. (1993). El efecto de las tensiones de la sierra de cinta de la rigidez de la cuchilla y la precisión de corte (T). Universidad de Columbia Británica. <https://open.library.ubc.ca/collections/ubctheses/831/items/1.0080890>

Peña, Santiago & Martínez-Rojas, Isaac. (2016). MADERA ASERRADA ii: DEFECTOS Y ALTERACIONES. [\(PDF\) MADERA ASERRADA ii: DEFECTOS Y ALTERACIONES \(researchgate.net\)](https://www.researchgate.net/publication/311111111)

Roman, Król. (2015). LA DINÁMICA DE LAS SIERRAS DE CINTA. <https://www.researchgate.net/publication/368818370>

Roman, Król. (2016). Estudios experimentales de las fuerzas que actúan sobre los dientes de una sierra de cinta durante el corte de varios tipos de madera. [Estudios experimentales de las fuerzas que actúan sobre los dientes de una sierra de cinta durante el corte de varios tipos de madera - Autobuses: tecnología, operación, sistemas de transporte - Volumen R. 17, No. 12 \(2016\) - BazTech - Yadda \(icm.edu.pl\)](http://www.icm.edu.pl)

PROPIEDADES MECANICAS EN FLEXION DE LA MADERA DE Pinus radiata ... - SciELO. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-221X2001000100004

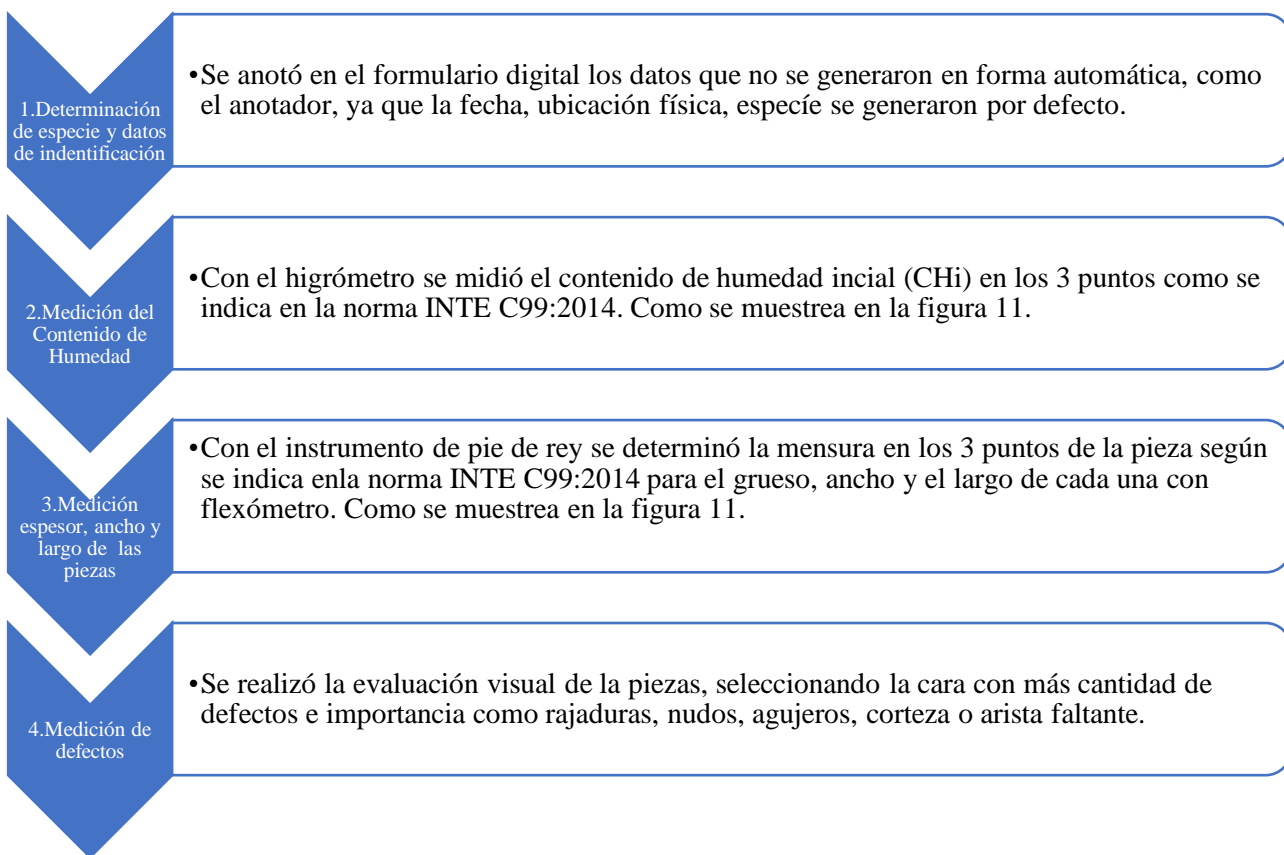
Astm D- 143-94. <https://idoc.pub/documents/astm-d-143-94-traducido-en5kgogv15no>

10. Anexos

Anexo 1. Volumen comercial de las trozas en campo, después de derribo.

Inventario de trozas a industrializar (Datos medidos en campo)							
Especie Terminalia amazonia (Amarillón)							
# Arb	# Trozas	C1 (cm)	D1 (cm)	C2 (cm)	D2 (cm)	L Troza (cm)	Vol (m3) Troza (Smalian)
1	A	127,5	41	111	35	336	0,3820
1	B	111	35	99	32	336	0,2957
1	C	99	32	85	27	336	0,2276
1	D	85	27	92	29	336	0,2097
1	E	82,5	26	69	22	336	0,1546
2	A	130	41	111	35	336	0,3907
2	B	111	35	103,5	33	336	0,3079
2	C	105,5	34	94	30	336	0,2669
3	A	125,6	40	132	42	336	0,4438
3	B	132	42	122	39	336	0,4319
3	C	122	39	119	38	336	0,3883
3	D	81	26	69	22	588	0,2649
3	E	83,5	27	72,5	23	504	0,2452
4	A	217	69	178	57	336	1,0531
4	B	165	53	160	51	336	0,7062
4	C	113	36	84,5	27	336	0,2662
4	D	81	26	157	50	168	0,2086
5	A	144	46	118,5	38	336	0,4650
5	B	118,5	38	110	35	336	0,3495
5	C	110	35	92	29	420	0,3437
6	A	155	49	130	41	336	0,5471
6	B	108	34	126	40	336	0,3682
6	C	116,5	37	108	34	336	0,3374
6	D	108	34	109	35	336	0,3148
6	E	76	24	69,5	22	378	0,1595
7	A	123,5	39	98	31	336	0,3323
7	B	98	31	93,5	30	336	0,2453
7	C	93,5	30	108	34	336	0,2728
7	B	108,5	35	81	26	336	0,2451
7	C	81	26	80	25	336	0,1733
8	A	100	32	24	8	336	0,1414
8	B		0	77,5	25	336	0,0803
8	C	77,5	25	73	23	336	0,1515
8	D	73	23	71	23	336	0,1386
9	A	141,5	45	101	32	336	0,4041
9	B	101	32	96	31	336	0,2596
9	C	96	31	85	27	336	0,2198
9	D	85	27	80	25	336	0,1822
10	A	101	32	84	27	336	0,2307
10	B	84	27	79	25	336	0,1778
10	C	79	25	63	20	336	0,1365
11	A	115	37	107	34	336	0,3299
11	B	107	34	11,5	4	294	0,1355
11	C	78,5	25	67,5	21	336	0,1433
11	D	67	21	61	19	336	0,1098
11	E	23	7	18	6	336	0,0114
12	A	125	40	100,5	32	336	0,3439
12	B	100,5	32	92	29	336	0,2482
12	C	92	29	89,5	28	336	0,2202
Vol. Total							14,0621

Anexo N°2. Procedimiento para la evaluación visual de madera de aserrado común (condición verde y seca), según la Norma INTE C99:2014



Fuente: Elaboración propia con información de la norma INTE C99:2014

Anexo N°3. Formulario digital N°1 de Google para la toma de datos de campo. Madera aserrada condición verde.

Formulario n°1. Registro industria aserradero Maderas S&Q, Pérez Zeledón, Costa Rica.

Evaluación: Madera serrada para Uso General, Norma INTE C99:2014 (CONDICIÓN VERDE).

kendallnavarro@gmail.com [Cambiar cuenta](#)



No compartido

Fecha:

Fecha

dd/mm/aaaa

de Árbol

Tu respuesta

de Troza (A, B, C, D, E)

Tu respuesta

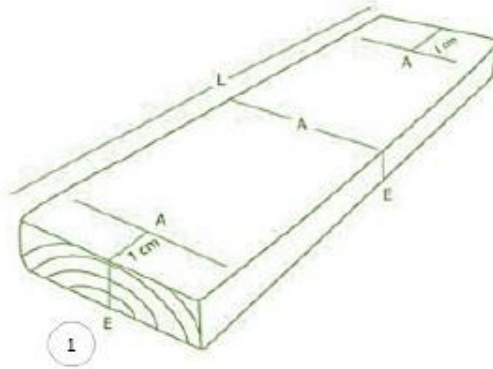
Tipo de pieza a evaluar. Espesor E, Ancho A, Largo L

Elegir



Contenido de Humedad (%), M 1

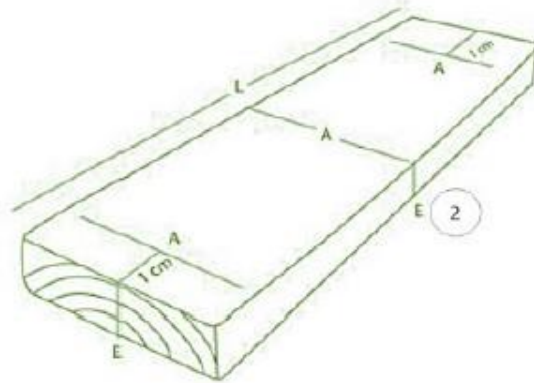
Se toma la medida en la sección 1 de la madera (ancho, espesor, largo) según imagen.



Tu respuesta

Contenido de Humedad (%), M 2

Se toma la medida en la sección 2 de la madera (ancho, espesor, largo) según imagen.

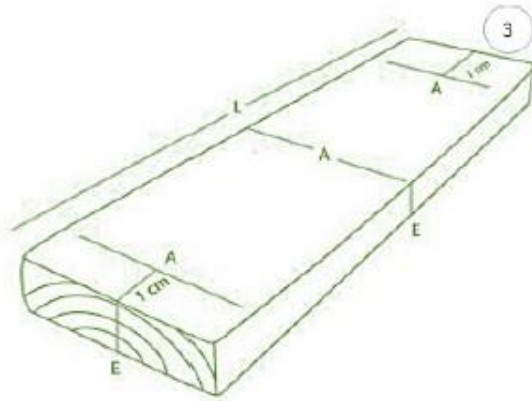


Tu respuesta



Contenido de Humedad (%), M 3

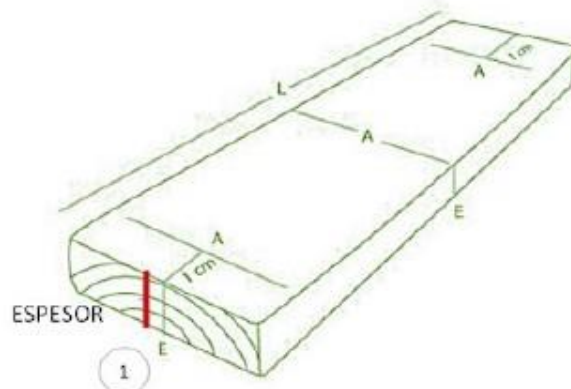
Se toma la medida en la sección 3 de la madera (ancho, espesor, largo) según imagen.



Tu respuesta

Dimensión: Tolerancia de Espesor 1 (mm)

Se toma la medida en la sección ESPESOR en 1 de la madera según imagen.

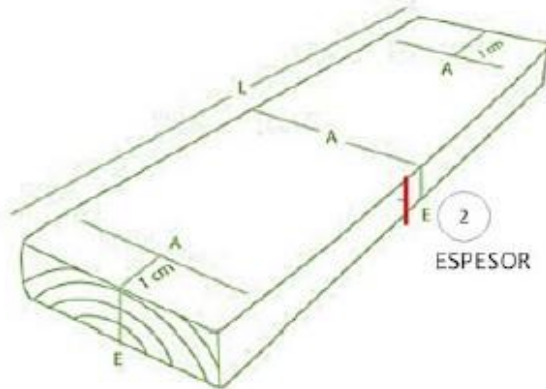


Tu respuesta



Dimensión: Tolerancia de Espesor 2 (mm)

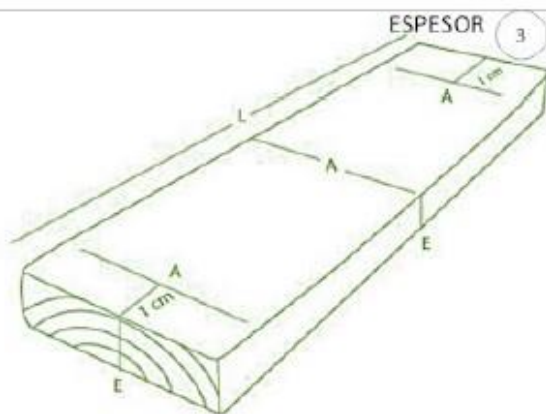
Se toma la medida en la sección ESPESOR en 2 de la madera según imagen.



Tu respuesta

Dimensión: Tolerancia de Espesor 3 (mm)

Se toma la medida en la sección ESPESOR en 3 de la madera según imagen.

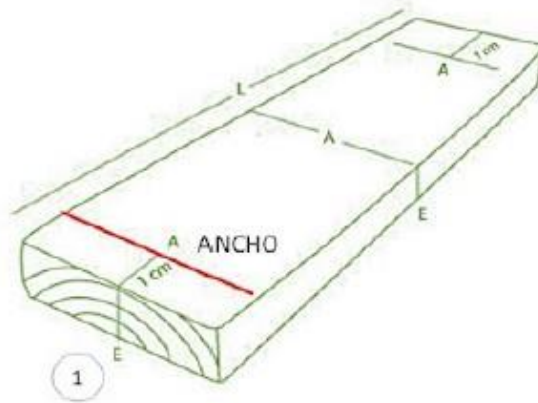


Tu respuesta



Dimensión: Tolerancia al Ancho 1 (mm)

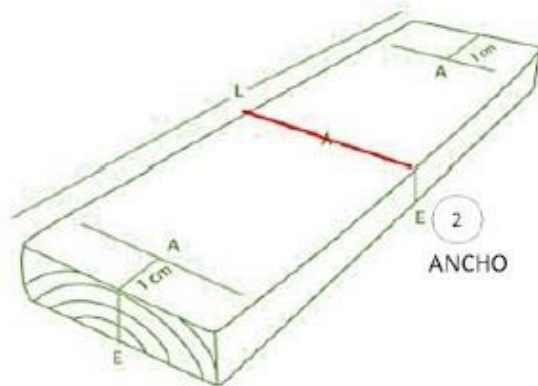
Se toma la medida en la sección ANCHO en 1 de la madera según imagen.



Tu respuesta

Dimensión: Ancho 2 (mm)

Se toma la medida en la sección ANCHO en 2 de la madera según imagen.

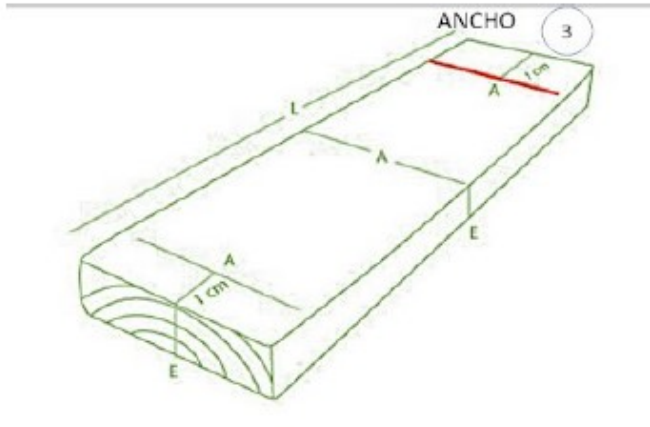


Tu respuesta



Dimensión: Ancho 3 (mm)

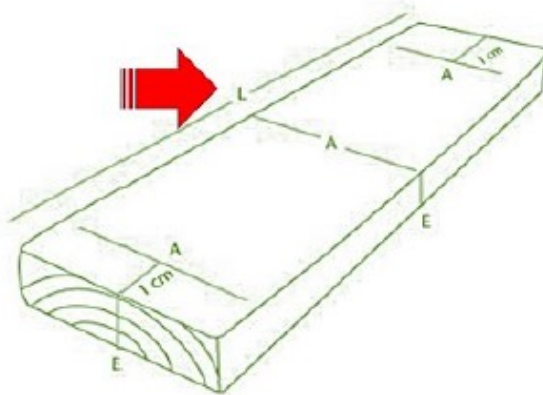
Se toma la medida en la sección ANCHO en 3 de la madera según imagen.



Tu respuesta

Dimensión: Largo (mm)

Se toma la medida del largo de la madera según imagen.



Tu respuesta



Presencia de Defectos

Las piezas deben ser evaluadas por la cara con mayores defectos.

Tabla 4 — Clasificación por defectos a lo largo de la misma pieza para madera verde

Defectos	Clase 1	Clase 2	Clase 3
Marcas de moto sierra	No se permiten	No se permiten	Se permiten
Nudos	Se permiten vivos o sanos.	Se permiten	Se permiten
Pudrición	No se permite	No se permite	En un área concentrada igual a máximo el 10 % de la superficie de la pieza.
Rajaduras	No se permiten	Se permiten rajaduras cortas (menor o igual que el ancho de la pieza)	Se permiten rajaduras medianas (mayor que el ancho de la pieza pero menor que dos veces el ancho)
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
Corteza incluida	No se permiten	No se permiten	No se permiten
Arista faltante	No se permite	Se admite siempre y cuando abarque hasta un cuarto de la longitud y un ancho máximo igual a un cuarto del espesor de la pieza.	Se admite siempre y cuando abarque hasta la mitad de la longitud y un ancho máximo igual a la mitad del espesor de la pieza.

	Clase 1	Clase 2	Clase 3
Marca de Motosierra	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nudos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pudrición	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rajaduras	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Agujeros (mm)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Corteza Incluida	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Arista faltante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



Tamaño de nudo en CARA mm (Ancho)

Tu respuesta

Tamaño de nudo en CANTO mm (Grosor)

Tu respuesta

Inclinación de Grano en Cara, Grados (Ancho)

Tu respuesta

Observaciones de la pieza

Tu respuesta

Enviar

[Borrar formulario](#)

Nunca envíes contraseñas a través de Formularios de Google.

Google no creó ni aprobó este contenido. [Denunciar abuso](#) - [Condiciones del Servicio](#) - [Política de Privacidad](#)

Google Formularios



Anexo 4. Formulario digital N°2 de Google para la toma de datos de campo. Madera aserrada condición seca.

Formulario n°2. Registro industria aserradero Maderas S&Q, Pérez Zeledón, Costa Rica.

Evaluación: Madera serrada para Uso General, Norma INTE C99:2014 (CONDICIÓN SECA).

kendallnavarro@gmail.com [Cambiar cuenta](#)



No compartido

Fecha:

Fecha

dd/mm/aaaa

Madera Cepillada

Si

Otros:

de Árbol

Tu respuesta



de Troza (A, B, C, D, E)

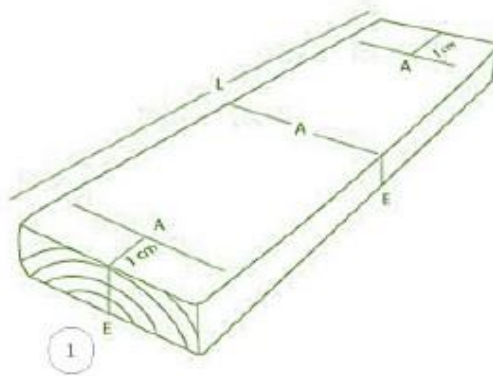
Tu respuesta

Tipo de pieza a evaluar. Espesor E, Ancho A, Largo L

Elegir

Contenido de Humedad (%), M 1

Se toma la medida en la sección 1 de la madera (ancho, espesor, largo) según imagen.

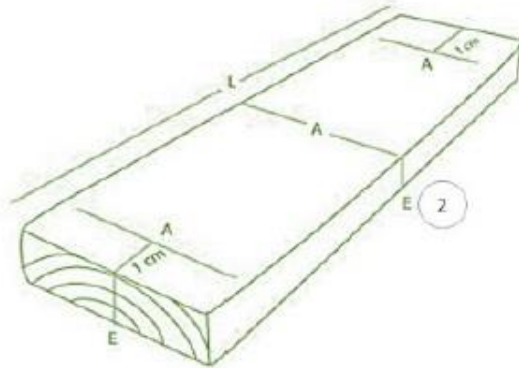


Tu respuesta



Contenido de Humedad (%), M 2

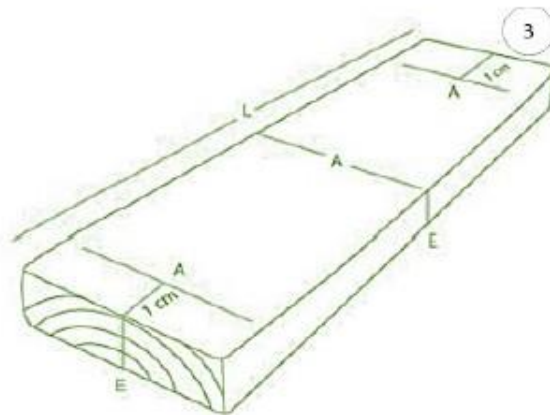
Se toma la medida en la sección 2 de la madera (ancho, espesor, largo) según imagen.



Tu respuesta

Contenido de Humedad (%), M 3

Se toma la medida en la sección 3 de la madera (ancho, espesor, largo) según imagen.

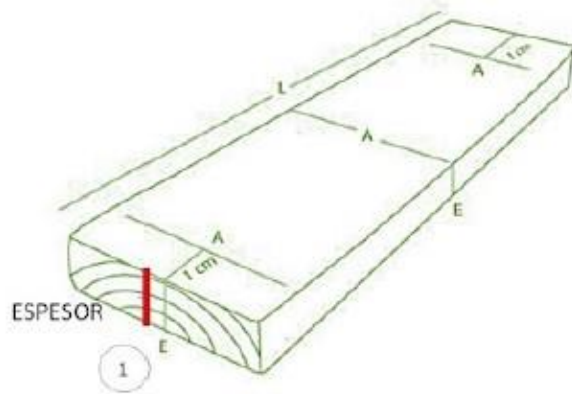


Tu respuesta



Dimensión: Espesor 1 (mm)

Se toma la medida en la sección ESPESOR en 1 de la madera según imagen.



Tu respuesta

Dimensión: Espesor 2 (mm)

Se toma la medida en la sección ESPESOR en 2 de la madera según imagen.

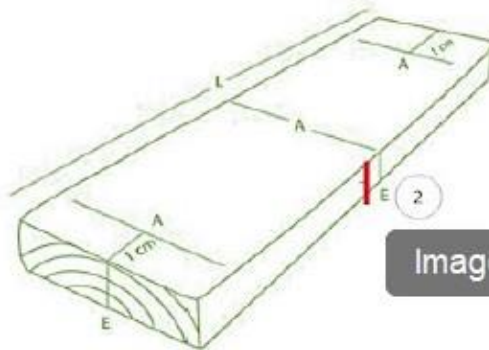


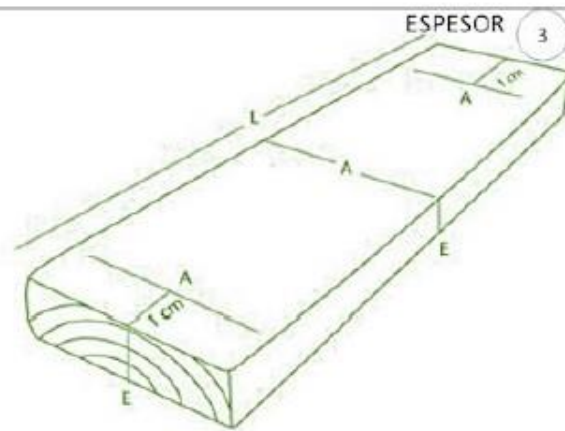
Imagen sin título

Tu respuesta



Dimensión: Espesor 3 (mm)

Se toma la medida en la sección ESPESOR en 3 de la madera según imagen.



Tu respuesta

Dimensión: Ancho 1 (mm)

Se toma la medida en la sección ANCHO en 1 de la madera según imagen.

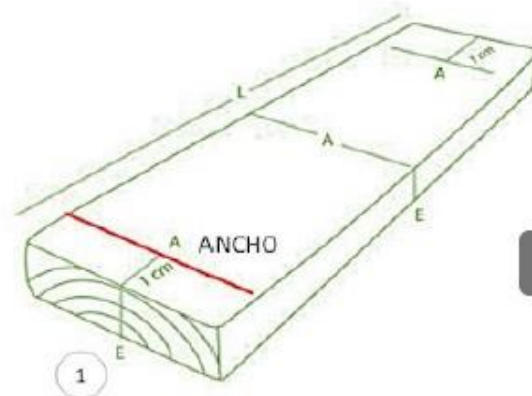


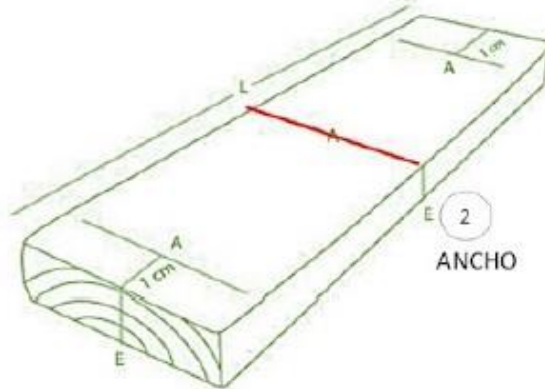
Imagen sin título

Tu respuesta



Dimensión: Ancho 2 (mm)

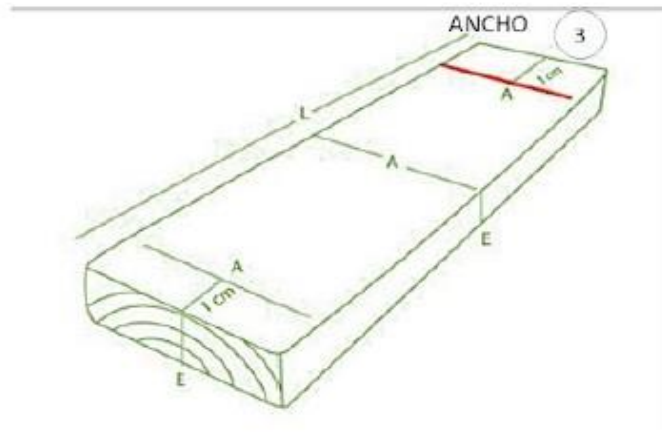
Se toma la medida en la sección ANCHO en 2 de la madera según imagen.



Tu respuesta

Dimensión: Ancho 3 (mm)

Se toma la medida en la sección ANCHO en 3 de la madera según imagen.

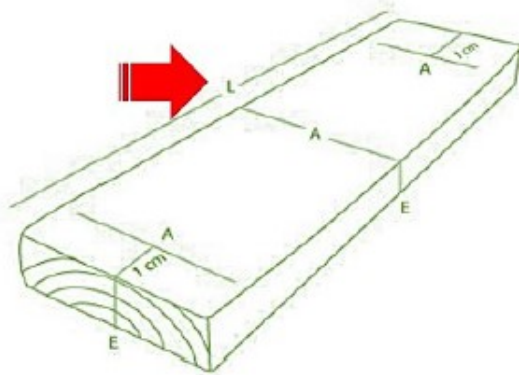


Tu respuesta



Dimensión: Largo (mm)

Se toma la medida del largo de la madera según imagen.



Tu respuesta



Presencia de Defectos

Las piezas deben ser evaluadas por la cara con mayores defectos.

	Clase 1	Clase 2	Clase 3
Acebolladura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Torcedura (mm/m lineal)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Arqueadura (curvatura por cara) (mm/m lineal)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Encorvadura (corvadura por canto) (mm/m linea)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Agujeros (mm)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Arista faltante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Falla de Cepillado (NA sin cepillo)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mordida de cuchilla (NA sin cepillo)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Grano levantado, velloso, rasgado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Corteza incluida	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Quebrantadura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Grano inclinado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Grieta por cabeza (extremo)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Grieta por secado en cara	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rajadura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Manchas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Marca de sierra (madera cepillada)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nudos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pudrición	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Taladrado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Taladrado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Tamaño de nudo en CARA mm (Ancho) 2 medidas

Tu respuesta

Tamaño de nudo en CANTO mm (Grosor) 2 medidas

Tu respuesta

Inclinación de Grano en Cara, Grados (Ancho)

Tu respuesta



Observaciones

Tu respuesta

Enviar

Borrar formulario

Nunca envíes contraseñas a través de Formularios de Google.

Google no creó ni aprobó este contenido. [Denunciar abuso](#) - [Condiciones del Servicio](#) - [Política de Privacidad](#)

Google Formularios



Anexo 5. Tabla 1- Tamaños estándares mínimos para madera aserrada cepillada o sin cepillar de uso general. Norma INTE C99:2014

Tabla 1. Tamaños estándares mínimos para madera aserrada cepillada o sin cepillar de uso general.

Nominal mm (pulgadas)	Espesor		Nominal mm (pulgadas)	Ancho	
	Mínimo			Mínimo	
	Seca	Verde		Seca	Verde
13 (1/2)	10	10	50 (2)	47	47
19 (3/4)	16	16	75 (3)	72	72
25 (1)	22	22	100 (4)	97	97
31 (1-1/4)	28	28	120 (5)	117	117
38 (1-1/2)	35	35	150 (6)	147	147
50 (2)	47	47	175 (7)	172	172
75 (3)	72	72	200 (8)	197	197
100 (4)	97	97	225 (9)	222	222
-	-	-	250 (10)	247	247
-	-	-	280 (11)	277	277
-	-	-	300 (12)	297	297
-	-	-	350 (14)	347	347
-	-	-	400 (16)	397	397

Nota 1. Para tamaños no incluidos en esta tabla, el tamaño mínimo no debe ser menor que el tamaño nominal menos 3 mm, tanto en espesor como en el ancho de la pieza.

Anexo 6. Tabla 2- Clasificación de la madera según la humedad, Norma INTE C99:2014

Tabla 2 — Clasificación de la madera según la humedad

Tipo	Condición de Humedad
Madera verde	mayor que 19 %
Madera seca	menor del 19 %

Anexo 7. Tabla 3. Clasificación por tolerancias en las dimensiones a lo largo de la misma pieza para madera cepillada verde y seca. Norma INTE C99:2014

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

Anexo 8. Tabla N°4 Clasificación por defectos a lo largo de la misma pieza para madera verde Norma INTE C99:2014

Defectos	Clase 1	Clase 2	Clase 3
Marcas de moto sierra	No se permiten	No se permiten	Se permiten
Nudos	Se permiten vivos o sanos.	Se permiten	Se permiten
Pudrición	No se permite	No se permite	En un área concentrada igual a máximo el 10 % de la superficie de la pieza.
Rajaduras	No se permiten	Se permiten rajaduras cortas (menor o igual que el ancho de la pieza)	Se permiten rajaduras medianas (mayor que el ancho de la pieza pero menor que dos veces el ancho)
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
Corteza incluida	No se permiten	No se permiten	No se permiten
Arista faltante	No se permite	Se admite siempre y cuando abarque hasta un cuarto de la longitud y un ancho máximo igual a un cuarto del espesor de la pieza.	Se admite siempre y cuando abarque hasta la mitad de la longitud y un ancho máximo igual a la mitad del espesor de la pieza.

Anexo 9. Tabla 5 Clasificación por defectos a lo largo de la misma pieza para madera seca Norma INTE C99:2014

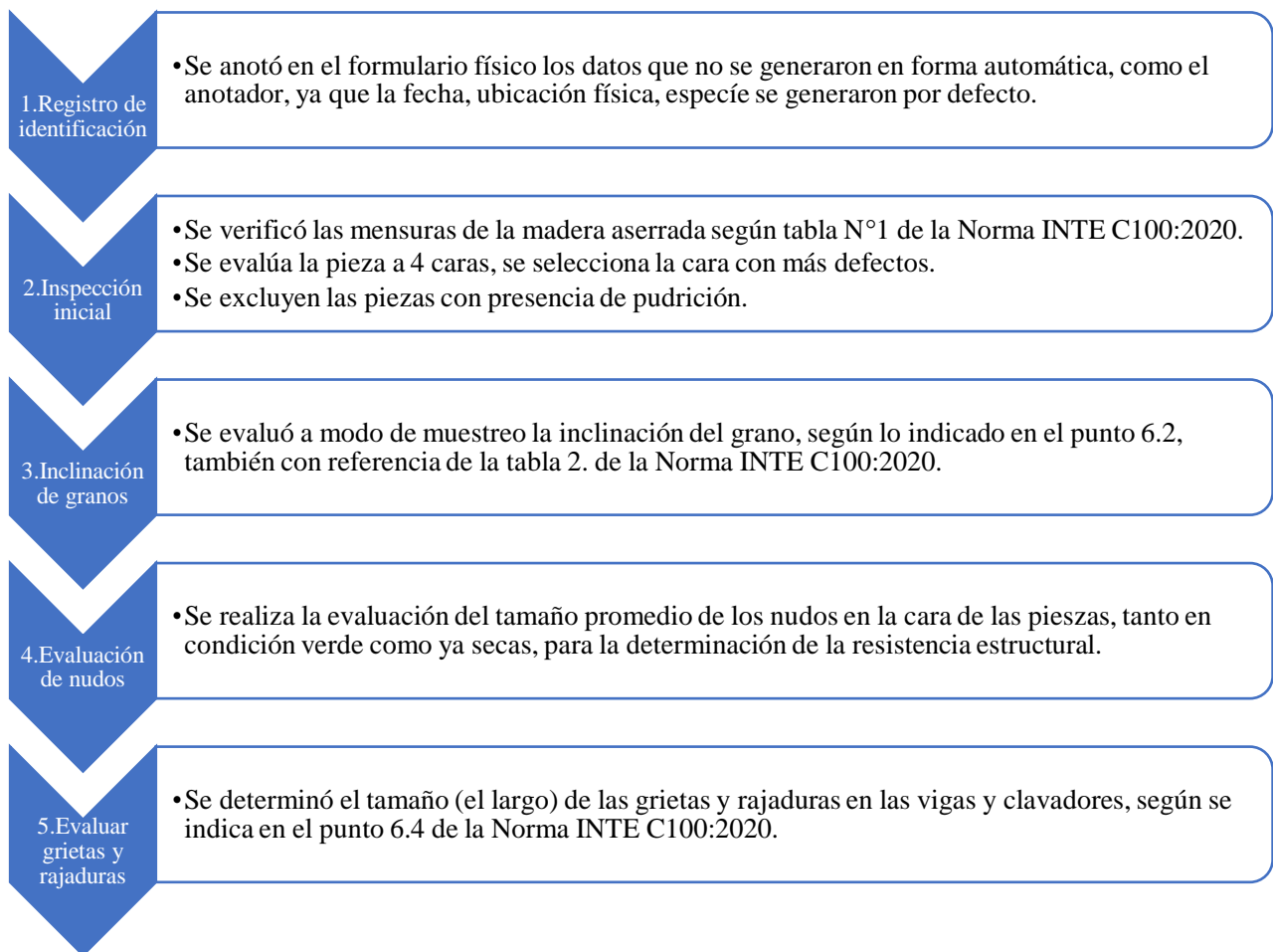
Tabla 5 - Clasificación por defectos a lo largo de la misma pieza para madera seca

Efecto	Clase 1	Clase 2	Clase 3
Acebolladura	No se permite	No se permite	No se permite
Torcedura (mm/m lineal)	Menor que 2	Entre 2 y 6	Mayor que 6
Arqueadura (curvatura por cara) (mm/m lineal)	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 lineal)	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 los cuartos extremos de la pieza	Se admiten siempre y cuando abarquen hasta 33% del espesor y 33% del ancho
Bolsas de resina (aplicable en 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 (No aplica para madera sin cepillar)	No se permite	No se permite	Se permite un máximo 10 % de la pieza
Mordidas de cuchillas (No aplica para madera sin cepillar)	No se permite	Se permite en 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 madera	No se considera
Corteza incluida	No se permite	No se permite	Cuando el diámetro no sobre pase 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.

Continuación...

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 permiten	Se permiten superficiales	No se consideran
Marcas de sierra (aplica para madera cepillada)	No se permiten	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): 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.

Anexo N°10. Procedimiento para evaluar vigas estructurales de 50 mm a 113 mm (2 pulg. a 4 ½ pulg.) según la Norma INTE C100:2020



Nota: Fuente elaboración propia con información de la norma INTE C100:2020

Anexo 11. Formulario N°3: Registro de información para vigas estructurales en la industria. Norma INTE C100:2020

Fecha												Formulario N°2	
Ubicación													
Tarima #													
Especie													
Anotador													
# de pieza	Tipo de pieza	Grano Inclinado			Nudos			Grietas			Rajaduras	Defecto	Observaciones
		Canto	Cara	Combinada	Canto	Cara					Código		
1													
2													
+n													

Anexo 12. Tabla 1. Tamaños estándares nominales y mínimos para madera aserrada estructural.
Norma INTE C100:2020

Tabla 1. Tamaños estándares nominales y mínimos para madera aserrada.

Tipo de sección	Espesor			Ancho		
	Nominal mm (pulg)	Mínimo cepillada mm		Nominal mm (pulg)	Mínimo cepillada mm	
		Seca	Verde		Seca	Verde
Tablas	19 (3/4)	16	17	50 (2)	38	40
	25 (1)	19	20	75 (3)	64	65
	32 (1-1/4)	25	26	100 (4)	89	90
	38 (1-1/2)	32	33	125 (5)	114	117
				150 (6)	140	143
				175 (7)	165	168
				200 (8)	184	190
				225 (9)	210	216
				250 (10)	235	241
				275 (11)	260	267
				300 (12)	286	292
				350 (14)	337	343
				400 (16)	387	394
Estructural	50 (2)	38	40	50 (2)	38	40
	60 (2-1/2)	51	52	75 (3)	64	65
	75 (3)	64	65	100 (4)	89	90
	89 (3-1/2)	76	78	125 (5)	114	117
	100 (4)	89	90	150 (6)	140	143
	112 (4-1/2)	102	103	200 (8)	184	190
				250 (10)	235	241
				300 (12)	286	292
				350 (14)	337	343
				400 (16)	387	394
Grandes dimensiones	≥ 125 (5)	- 13mm	- 13 mm	≥ 125 (5)	- 13mm	- 13mm

Anexo 13. Tabla 2. Razones de resistencia correspondientes a varias inclinaciones del grano de la Norma INTE C100:2020

Tabla 2. Razones de resistencia correspondientes a varias inclinaciones del grano

Inclinación del grano	Razón de resistencia máxima (%)	
	Flexión o tracción paralela al grano	Compresión paralela al grano
1 en 6	40	56
1 en 8	53	66
1 en 10	61	74
1 en 12	69	82
1 en 14	74	87
1 en 15	76	100
1 en 16	80	...
1 en 18	85	...
1 en 20	100	...

