



Propiedades mecánicas de tableros alistonados tricapa de pino y pigue de la empresa PISMADE S.A.

Mechanical properties of three-layer boards of and pigue of the PISMADE S.A. Company)

Propriedades mecânicas dos tabletes alicates tricô de pino e pigmento, propiciados pela empresa PISMADE S.A.

Juan Manuel Martínez-Nogales ^I
jumartinez@epoch.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-4860-1548>

Eduardo Patricio Salazar-Castañeda ^{II}
eduardo.salazar@epoch.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-7737-5415>

Vilma Fernanda Noboa-Silva ^{III}
vilma.noboa@epoch.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-3164-7304>

Joselyn Maria Freire-Cruz ^{IV}
jou9561@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-9270-6929>

Correspondencia: jumartinez@epoch.edu.ec

Ciencias técnicas y aplicadas
Artículo de investigación

***Recibido:** 15 de febrero de 2020 ***Aceptado:** 29 de abril de 2020 * **Publicado:** 31 de mayo de 2020

- I. Magíster en Ciencias de la Educación Aprendizaje de la Física, Ingeniero Mecánico, Docente Investigador Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- II. Magíster en Manejo y aprovechamiento forestal, Ingeniero Forestal, Docente Investigador Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- III. Magíster en Gestión de desarrollo local comunitario, Ingeniera forestal, Docente Investigador Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- IV. Ingeniera Forestal, Investigadora Independiente, Ambato, Ecuador.

Resumen

El presente estudio propone determinar las propiedades mecánicas en tableros tricapa de pino (*Pinus radiata*) y pigue (*Piptocoma discolor*) propiedad de la empresa PISMADE S.A. Los ensayos se bajo procedimientos técnicos, con la utilización de normas internacionales, dentro del laboratorio de Resistencia de Materiales de la facultad de Mecánica ubicado en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Evaluándose 24 probetas pertenecientes a tableros alistonados tricapa, cada una de ellas de diferentes dimensiones para ensayos de flexión y compresión, proporcionados por la empresa. Se pudo comprobar las diferentes resistencias que soportan los tableros de estas especies, obteniendo valores de flexión y compresión tanto para pino y pigue apropiados para su utilización en la industria. La información generada considera a este material rígido y apropiado para su uso eficiente y duradero.

Palabras claves: Tableros de madera; propiedades mecánicas; flexión; compresión.

Abstract

This research proposes to determine the mechanical properties in three-layer pin (*Pinus radiata*) and pig (*Piptocoma discolor*) tablets owned by the company PISMADE SA. the Faculty of Mechanics located in the Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Evaluating 24 specimens belonging to three-layer hollow panels, each one of them of different dimensions for flexion and compression tests, provided by the company. If I could check the different strengths that support the boards of these species, obtaining flexion and compression values for both pin and pigment suitable for their use in the industry. Generated information considers this material rigid and suitable for its efficient and long-term use.

Keywords: Wooden boards; mechanical properties; flexion; compression.

Resumo

O presente estudo propôs determinar as propriedades mecânicas em tabletes tricô de pino (*Pinus radiata*) e pigmento (*Piptocoma descolorido*) propiciados pela empresa PISMADE SA Os ensaios clínicos detalhados, com a utilização de normas internacionais, dentro do laboratório de resistência de materiais a faculdade de Mecânica ubicado na Escola Superior Politécnica de Chimborazo. Avalie 24 probabilidades pertenecientes a tabletes alistonados tricapa, cada um dos

modelos de diferentes dimensões para ensaios de flexão e compressão, fornecidos pela empresa. Se você incluir as diferentes resistências que suportam os quadros dessas espécies, obtendo valores de flexão e compressão tanto para pino quanto para pigmentos apropiados para utilização na indústria. As informações geradas consideram este material rígido e apropiado para uso eficiente e duradouro.

Palavras-chave: Tableros de madera; propiedades mecánicas; flexão; compressão.

Introducción

En la actualidad en nuestro país, el uso de la madera como elemento estructural se ha visto con desconfianza e incertidumbre debido a la falta de normativas y conocimiento, lo que hace que se aprovechen pocas especies forestales. Al no conocer cuáles son las características de cada madera resulta imposible destinarlas a un uso apropiado y darles una aplicación industrial inmediata lo que permitiría ahorrar tiempo y esfuerzo en su transformación y utilización desde el punto de vista estructural para su posterior producción y comercialización (Paguay, 2013). Las investigaciones realizadas están dirigidas a efectuar el estudio de las propiedades físicas y mecánicas de especies forestales que pueden brindarnos mayores bondades el desarrollo industrial que se encuentra en pleno auge.

Varias empresas están implementando nuevas líneas de producción, incrementando el campo de utilización de la madera especialmente como material de la construcción. La principal característica es su diferenciación individual, que hace que cada especie tenga un comportamiento distinto, en función de la cual tendrá diferentes usos. Es muy importante conocer estas características para poder asegurar la resistencia que cada especie tendrá a las solicitaciones a las que será sometida (Umerez, 2015). La empresa PISMADE S.A. ha implementado la creación de nuevos tableros para la construcción de varias capas diseñados para el revestimiento de superficies exteriores e interiores, destacando a los tableros alistonados tricapa, formados por tres capas de madera, dos de ellas dispuestas en sentido longitudinal y la capa central en sentido transversal de tal manera que no pierda sus propiedades y su resistencia mecánica (PISMADE, 2019).

Metodología

Elaboración de las probetas para ensayos mecánicos

De los tableros alistonados tricapa de pino (*Pinus radiata*) y pique (*Piptocoma discolor*) de medidas 244 x 122 x 3,8 cm fabricados en la empresa PISMADE S.A. se realizaron 24 probetas de diferentes dimensiones para los ensayos de las propiedades mecánicas según especificaciones de la norma ASTM D143 (ASTM, 2014), como es la determinación de la resistencia a la flexión longitudinal, resistencia a la flexión transversal, resistencia a la compresión longitudinal y resistencia a la compresión transversal.

Tabla 1. Probetas para el estudio

PROBETA	Nº PROBETAS	Nº CAPAS	ESPECIE	NORMA	DIMENSIONES
FLEXIÓN LONGITUDINAL	3	3	PIGUE (<i>Piptocoma discolor</i>)	ASTM D143	2,5 x 2,5 x 41cm
	3	3	PINO (<i>Pinus radiata</i>)	ASTM D143	
FLEXIÓN TRANSVERSAL	3	3	PIGUE (<i>Piptocoma discolor</i>)	ASTM D143	2,5 x 2,5 x 41cm
	3	3	PINO (<i>Pinus radiata</i>)	ASTM D143	
COMPRESIÓN LONGITUDINAL	3	3	PIGUE (<i>Piptocoma discolor</i>)	ASTM D143	5 x 5 x 20 cm
	3	3	PINO (<i>Pinus radiata</i>)	ASTM D143	
COMPRESIÓN TRANSVERSAL	3	3	PIGUE (<i>Piptocoma discolor</i>)	ASTM D143	5 x 5 x 15 cm
	3	3	PINO (<i>Pinus radiata</i>)	ASTM D143	

Fuente: Autores, 2020

Ensayos mecánicos de Flexión

La flexibilidad es la propiedad que tienen algunas maderas de poder ser dobladas o ser curvadas en su sentido longitudinal y transversal. Si son elásticas recuperan su forma primitiva cuando cesa la fuerza que las ha deformado. La madera presenta especial aptitud para sobrepasar su límite de elasticidad por flexión sin que se produzca rotura inmediata (Pérez, 2010). La influencia directa que afecta a la resistencia a la flexión es la inclinación de la fibra (Almeida, 2015).

Para el procedimiento se colocaron las probetas en la máquina de ensayos universales tanto de manera longitudinal como de manera transversal de cada especie a estudiar (pino y pigue), la carga es aplicada al centro de manera gradual y continua, la longitud libre entre soportes debe ser igual a la mencionada en la norma utilizada ASTM D143 (ASTM, 2014), las bases de cada uno de ellos deben lograr una posición horizontal exacta de la probeta a ensayar.

La carga se aplica continuamente a la probeta con una velocidad constante de la cabeza móvil de la prensa hidráulica más o menos, 1,5kg/segundo. Se realiza por cada prueba una gráfica de carga contra deformación y se anotan todos los detalles que se consideren son importantes.

Ensayos mecánicos de Compresión

Las probetas tanto de manera longitudinal como de manera transversal de cada especie estudiada (pino y pigue) se colocaron centradas en las quijadas: mordaza o base de la máquina de ensayos universales y totalmente horizontales a las caras para evitar cualquier desviación o descentralización de la carga en cada una de las probetas. La carga es aplicada de forma continua a una velocidad constante, se toman las deformaciones por medio del compresómetro.

Se determinó la carga y la deflexión para la primera falla, la carga máxima y puntos de cambio repentino. Se realizó la gráfica de carga contra deformación y se determinó el punto al límite elástico.

Se calculó el módulo de elasticidad a compresión y se obtuvo gráficamente considerando que es la pendiente de la porción recta de la curva de esfuerzo contra deformación unitaria.

Así la norma DIN 4074-1:2003, diferencia cuatro tipos de especificaciones distintas en cada caso:

Listones de piezas con un grueso menor de 40mm y anchura menor de 80mm

Tablas: piezas con grueso menor o igual a 40mm y anchura mayor o igual a 80 mm

Tablones: piezas con grueso mayor de 40mm y anchura mayor de 3 veces el grueso

Madera cuadrada: piezas con grueso b , mayor de 40 mm y anchura h que cumpla la siguiente relación: $b \leq h \leq 3 - b$;**Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Resultados y Discusión

Flexión Longitudinal

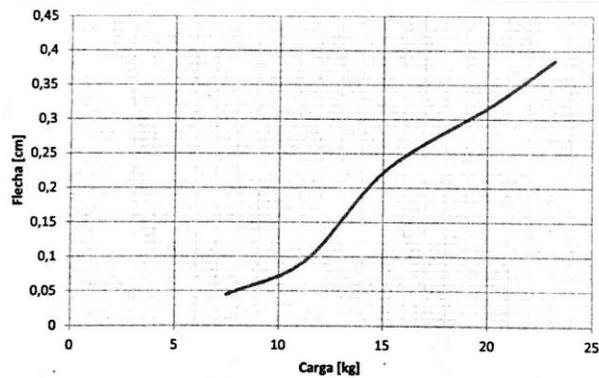
Tabla 2. Valores de flexión longitudinal de tableros alistonados tricapa

PROBETA Nº	ESPECIE	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN LONGITUDINAL (kg/cm2)	MOE LONGITUDINAL E [kg/cm2]
1	PIGUE (<i>Piptocoma discolor</i>)	158,37	75333,05
2	PIGUE (<i>Piptocoma discolor</i>)	<u>152,98</u>	71142,59
3	PIGUE (<i>Piptocoma discolor</i>)	333,33	117715,38
4	PINO (<i>Pinus radiata</i>)	236,24	36576,58
5	PINO (<i>Pinus radiata</i>)	<u>340,79</u>	60533,79
6	PINO (<i>Pinus radiata</i>)	241,01	29169,77

Fuente: Autores, 2020

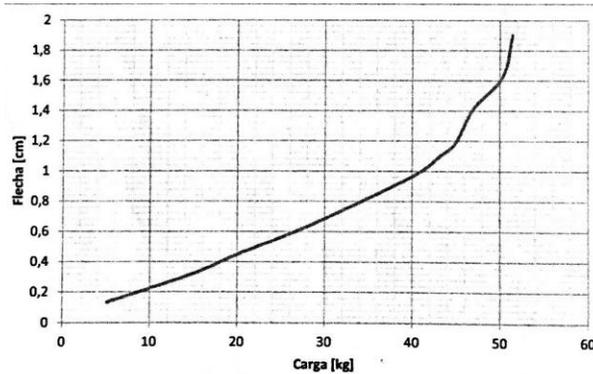
En cuanto a la resistencia a la flexión longitudinal, la probeta que más fuerza soporto es la que corresponde al tablero alistonado tricapa de pino (*Pinus radiata*), con 340,79kg/cm2. De igual manera se obtuvo un valor mínimo de resistencia a la flexión longitudinal de 152,98kg/cm2 perteneciente al tablero de pigue (*Piptocoma discolor*).

Gráfico 1. Gráfico carga deformación probeta 2



Fuente: Autores, 2020

Gráfico 2. Gráfico carga deformación probeta 5



Fuente: Autores, 2020

Flexión Transversal

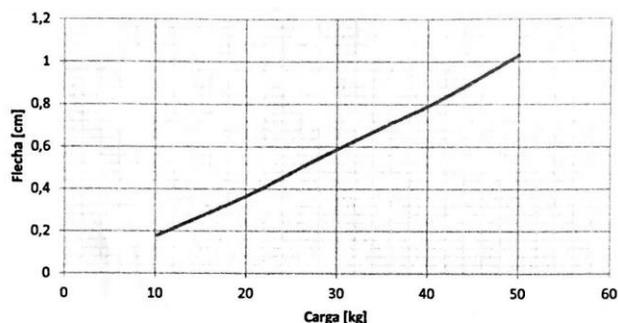
En resistencia a la flexión transversal la probeta que más fuerza soporto es la que corresponde al tablero alistonado tricapa de pigue (*Piptocoma discolor*) con 505,10kg/cm² y como valor menor de 316,27kg/cm² perteneciente al tablero de pino (*Pinus radiata*).

Tabla 3. Valores de flexión transversal de tableros alistonados tricapa

PROBETA Nº	ESPECIE	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN TRANSVERSAL (kg/cm ²)	MOE TRANSVERSAL E [kg/cm ²]
1	PIGUE (<i>Piptocoma discolor</i>)	<u>505,10</u>	109240,91
2	PIGUE (<i>Piptocoma discolor</i>)	410,49	69405,71
3	PIGUE (<i>Piptocoma discolor</i>)	447,51	68744,05
4	PINO (<i>Pinus radiata</i>)	386,03	55340,10
5	PINO (<i>Pinus radiata</i>)	<u>316,27</u>	48462,16
6	PINO (<i>Pinus radiata</i>)	366,83	65922,10

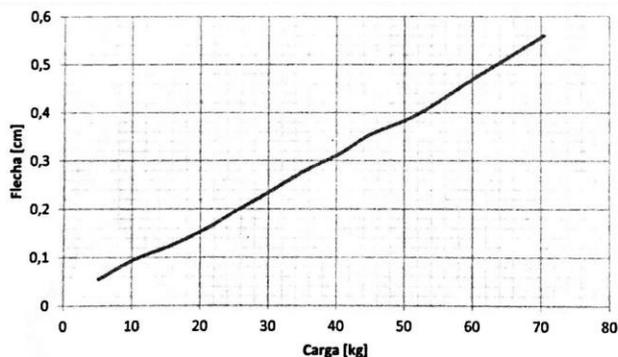
Fuente: Autores, 2020

Gráfico 3. Gráfico carga deformación probeta 1



Fuente: Autores, 2020

Gráfico 4. Gráfico carga deformación probeta 5



Fuente: Autores, 2020

Compresión Longitudinal

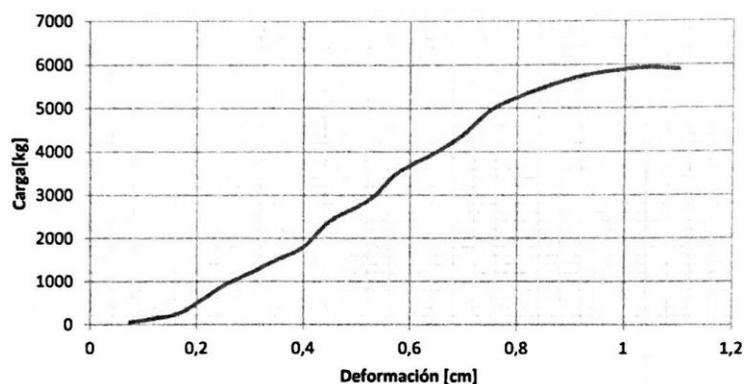
Como resultado de la resistencia a la compresión longitudinal tenemos que la probeta que corresponde al tablero alistonado tricapa de pino (*Pinus radiata*) soporta mayor fuerza que el resto con un valor de 61,52kg/cm², como dato menor tenemos a 27,20kg/cm² perteneciente al tablero de pigue (*Piptocoma discolor*).

Tabla 4. Valores de compresión longitudinal de tableros alistonados tricapa

PROBETA N°	ESPECIE	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN LONGITUDINAL (kg/cm ²)
1	PIGUE (<i>Piptocoma discolor</i>)	27,79
2	PIGUE (<i>Piptocoma discolor</i>)	30,76
3	PIGUE (<i>Piptocoma discolor</i>)	<u>27,20</u>
4	PINO (<i>Pinus radiata</i>)	58,44
5	PINO (<i>Pinus radiata</i>)	<u>61,52</u>
6	PINO (<i>Pinus radiata</i>)	61,32

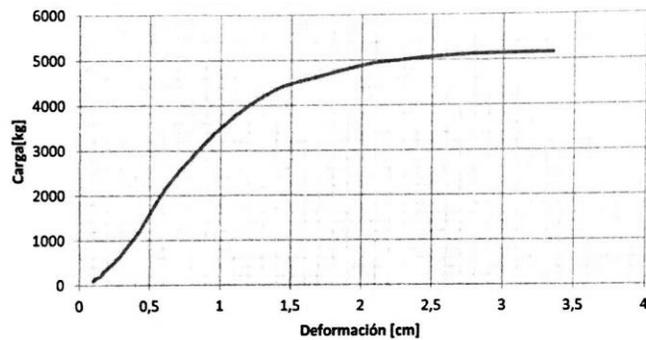
Fuente: Autores, 2020

Gráfico 5. Gráfico carga deformación probeta 3



Fuente: Autores, 2020

Gráfico 6. Gráfico carga deformación probeta 5



Fuente: Autores, 2020

Compresión Transversal

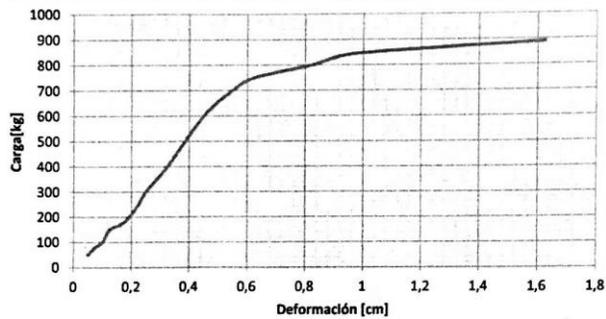
La mayor resistencia a la compresión transversal lo presenta la probeta perteneciente al tablero alistonado tricapa de pino (*Pinus radiata*) con un valor de 64,60 kg/cm² y la de menor valor de resistencia con un dato de 56,57 kg/cm² a la perteneciente al tablero de pigue (*Piptocoma discolor*).

Tabla 5. Valores de compresión transversal de tableros alistonados tricapa

PROBETA Nº	ESPECIE	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN TRANSVERSAL (kg/cm ²)
1	PIGUE (<i>Piptocoma discolor</i>)	<u>56,57</u>
2	PIGUE (<i>Piptocoma discolor</i>)	-
3	PIGUE (<i>Piptocoma discolor</i>)	60,34
4	PINO (<i>Pinus radiata</i>)	60,11
5	PINO (<i>Pinus radiata</i>)	<u>64,60</u>
6	PINO (<i>Pinus radiata</i>)	60,80

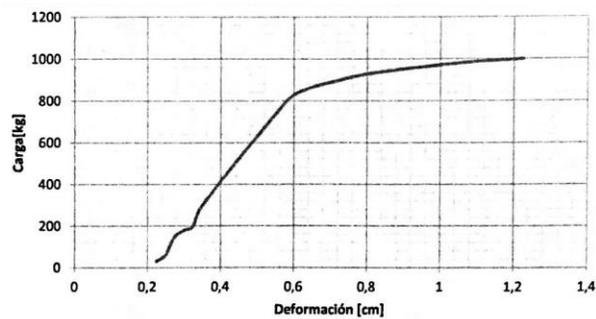
Fuente: Autores, 2020

Gráfico 7. Gráfico carga deformación probeta 1



Fuente: Autores, 2020

Gráfico 8. Gráfico carga deformación probeta 5



Fuente: Autores, 2020

Valores de resistencia y rigidez característicos de tableros alistonados

De acuerdo con los resultados (tabla 6) de las características obtenidas en estudios de modelos de plancha en tableros multicapa de 3 y 5 capas de diferentes especies realizados por la empresa Binderholz GmbH muestran valores similares a los obtenidos en los tableros tricapa de diferente grosor nominal elaborados en la empresa PISMADE S.A. Los ensayos mecánicos indican la resistencia arrojando los valores mostrados en la tabla 7.

Tabla 6. Valores de resistencia de tableros alistonados empresa Binderholz GmbH

TABLERO DE 3 Y 5 CAPAS EMPRESA Binderholz GmbH												
Carga sobre la plancha												
f m ₀	37,0	34,9	31,6	30,3	28,7	24,4	23,8	26,3	24,2	21,9	23,1	20,5
f m ₉₀	6,7	6,5	8,1	7,3	6,4	11,4	11,9	9,2	11,5	13,8	12,5	15,1
E m ₀	11300	11400	10900	11000	11400	9700	9500	10500	9600	8700	9200	8200
E m ₉₀	1000	900	1450	1350	900	2600	2800	1800	2700	3600	3150	4150

Fuente: Autores, 2020

Tabla 7. Valores de resistencia de tableros alistonados empresa PISMADE S.A.

TABLEROS TRICAPA EMPRESA PISMADE S.A.				
Resistencia kg/cm²	240,79	505,10	61,52	64,60
Resistencia N/mm²	33,42	49,53	6,03	6,33

Fuente: Autores, 2020

Conclusiones

Los resultados de los ensayos muestran que las probetas de tableros tricapa de Pinus radiata en su mayoría son las que presentan mayor resistencia en comparación con los de la especie Piptocoma discolor, pero ambas aptas para su utilización industrial.

Las probetas de tableros tricapa de Piptocoma discolor muestran algunas irregularidades debido a problemas presentados con los materiales, en este caso el pegamento entre cada una de las capas, lo cual impide obtener un valor más alto antes de la ruptura en sus fibras.

El comportamiento mecánico de los tableros tricapa de estas dos especies en estudio es congruente con el esperado y se considera adecuado para su uso en la industria. Los datos sugieren que se trata de un material rígido, apto para soportar esfuerzos cuando está sometido a flexión y compresión.

Se destaca el alto rendimiento de la madera de Piptocoma discolor en la fabricación de tableros tricapa, existe la posibilidad de la utilización de esta especie nativa no convencional por su rápido

crecimiento y desarrollo en comparación con *Pinus radiata*, teniendo valores mecánicos de resistencia y rigidez apropiados para su utilización en la industria.

Los valores aseguran a los tableros tricapa para la fabricación y construcción en madera. Este material cumple condiciones técnicas que lo hacen estable y duradero. La técnica y el procedimiento de encolado proporcionan excelentes propiedades en relación a su resistencia.

Los resultados obtenidos nos dan una referencia muy importante para su utilización industrial y su comercialización, considerando a este material con mucha potencialidad en aplicaciones de alto valor agregado.

Referencias

1. Almeida, J. (2015). Ensayo de Materiales. Flexión. Recuperado de: <https://prezi.com/aa7gzsqna99k/ensayo-de-materiales-flexion/> el 29/10/19.
2. Binderholz GmbH. 2018. Tableros para la Construcción. Tirol – Austria. Recuperado de: <https://www.binderholz.com/es/> el 01/11/2019.
3. Ecuador Forestal. (2019). Sector Forestal Productivo Formal. Recuperado de: <https://ecuadorforestal.org/informacion-s-f-e/sector-forestal-productivo-formal/> el 10/03/2019.
4. Iñiguez Gonzalez, G. (2007). Clasificación mediante técnicas no destructivas y evaluación de las propiedades mecánicas de la madera aserrada de coníferas de gran escuadría para uso estructural (Doctoral dissertation, Montes).
5. Paguay, I. (2013). Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de tres especies forestales andinas: platuquero (*Styloceras* sp), yagual (*Polylepis racemosa*), nogal (*Juglans neotropica*). (Tesis de Grado. Ingeniera Forestal). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba - Ecuador.
6. Pérez, E. (2010). Análisis de las propiedades físico mecánicas para un sustituto de madera natural elaborado a base de plásticos reciclados. (Tesis de Grado. Ingeniero Civil). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
7. Umerez, H. (2015). Análisis de propiedades físicas de la madera de *Populus x euramericana* Y *Pinus pinaster* tras tratamientos de oleotermia. (Tesis de Maestría. Ingeniero en Montes). Universidad de Valladolid. Palencia - España.

References

1. Almeida, J. (2015). Materials testing. Flexion. Recovered from: <https://prezi.com/aa7gzsqa99k/ensayo-de-materiales-flexion/> on 10/29/19.
2. Binderholz GmbH. 2018. Boards for Construction. Tyrol - Austria. Recovered from: <https://www.binderholz.com/es/> on 11/01/2019.
3. Forest Ecuador. (2019). Formal Productive Forest Sector. Recovered from: <https://ecuadorforestal.org/informacion-s-f-e/sector-forestal-productive-formal/> on 03/10/2019.
4. Iñiguez Gonzalez, G. (2007). Classification by non-destructive techniques and evaluation of the mechanical properties of large square coniferous sawn wood for structural use (Doctoral dissertation, Montes).
5. Paguay, I. (2013). Determination of the physical and mechanical properties of three Andean forest species: platuker (*Styloceras* sp), yagual (*Polylepis racemosa*), walnut (*Juglans neotropica*). (Thesis of Degree. Forest Engineer). Higher Polytechnic School of Chimborazo. Riobamba - Ecuador.
6. Pérez, E. (2010). Analysis of the physical-mechanical properties for a natural wood substitute made from recycled plastics. (Thesis of Degree. Civil Engineer). University of San Carlos of Guatemala. Guatemala.
7. Umerez, H. (2015). Analysis of the physical properties of the wood of *Populus x euramericana* and *Pinus pinaster* after oleothermic treatments. (Master's Thesis. Forest Engineer). University of Valladolid. Palencia - Spain.

Referências

1. Almeida, J. (2015). Teste de materiais. Flexão. Recuperado de: <https://prezi.com/aa7gzsqa99k/ensayo-de-materiales-flexion/> em 29/10/19.
2. Binderholz GmbH. 2018. Placas para construção. Tirol - Áustria. Recuperado de: <https://www.binderholz.com/es/> em 01/11/2019.
3. Floresta Equador. (2019). Setor Florestal Produtivo Formal. Recuperado de: <https://ecuadorforestal.org/informacion-s-f-e/sector-forestal-productive-formal/> em 10/03/2019.

4. Iñiguez Gonzalez, G. (2007). Classificação por técnicas não destrutivas e avaliação das propriedades mecânicas da madeira serrada de coníferas quadrada grande para uso estrutural (tese de doutorado, Montes).
5. Paguay, I. (2013). Determinação das propriedades físicas e mecânicas de três espécies florestais andinas: platuker (*Styloceras* sp), yagual (*Polylepis racemosa*), nogueira (*Juglans neotropica*). (Tese de graduação. Engenheiro florestal). Escola Politécnica Superior de Chimborazo. Riobamba - Equador.
6. Pérez, E. (2010). Análise das propriedades físico-mecânicas de um substituto natural da madeira feito de plástico reciclado. (Tese de graduação. Engenheiro civil). Universidad de San Carlos da Guatemala. Guatemala.
7. Umerez, H. (2015). Análise das propriedades físicas da madeira de *Populus x euramericana* e *Pinus pinaster* após tratamentos oleotérmicos. (Tese de mestrado. Engenheiro florestal). Universidad de Valladolid. Palencia - Espanha.

©2020 por el autor. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).