

Conference Paper

Mechanical Properties of Three-layer Boards of Pine (*Pinus radiata*) and Pigue (*Piptocoma discolor*) Owned by the PISMADE S.A. Company

Propiedades Mecánicas de Tableros Alistonados Tricapa de Pino (*Pinus radiata*) y Pigue (*Piptocoma discolor*) Propiedad de la Empresa PISMADE S.A.

J. Freire Cruz¹, E. Salazar Castañeda², V. Noboa², and E. Cabezas¹

¹GIFOR, Grupo de Ingeniería Forestal, Chimborazo, Ecuador

²Carrera de Ingeniería Forestal, Facultad de Recursos Naturales, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Chimborazo, Ecuador

Memories II International
Congress Forests and
Agroforestry for the 21st
Century

Corresponding Author:
J. Freire Cruz

Published: 21 January 2021

Production and Hosting by
Knowledge E

© J. Freire Cruz et al. This article is distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License](#), which permits unrestricted use and redistribution provided that the original author and source are credited.

Abstract

The present study proposes to determine the mechanical properties of three-layer boards of pine (*Pinus radiata*) and pigue (*Piptocoma discolor*) owned by the PISMADE S.A. Company. The tests were carried out under established technical procedures, with the use of international standards, at the Materials Resistance laboratory of the Faculty of Mechanics located in the Higher Polytechnic School of Chimborazo. 24 test pieces belonging to three-layer boards provided by the company were evaluated, each of them of different dimensions for bending and compression tests. It was possible to verify the different resistances that the boards of these species support; bending and compression values for both pine and pigue were obtained, appropriate for their use in the industry. The information generated deems this material rigid and appropriate for its efficient and durable use.

Keywords: *compression, flexion, mechanical properties, wood boards.*

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 los realizó 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 Clave: *compresión, flexión, propiedades mecánicas, tableros de madera.*

 OPEN ACCESS



1. 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 [1]. 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 [2]. 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 [3].

2. Materiales y Métodos

2.1. Elaboración de las probetas para ensayos mecánicos

De los tableros alistonados tricapa de pino (*Pinus radiata*) y pigue (*Piptocoma discolor*) de medidas 244×122×3,8 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 [4], 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.

2.2. 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 [5]. La influencia directa que afecta a la resistencia a la flexión es la inclinación de la fibra [6].

**Table 1**

Características de la probetas de *Pinus radiata* y *Piptocoma discolor* para el estudio.

Probeta	No. probetas	No. capas	Especie	Norma	Dimensiones
Flexión longitudinal	3	3	PIGUE (<i>Piptocoma discolor</i>)	ASTM D143	2,5×2,5×41cm
	3	3	PINO (<i>Pinus radiata</i>)	ASTM D143	
Flexión transversal	3	3	PIGUE (<i>Piptocoma discolor</i>)	ASTM D143	2,5×2,5×41cm
	3	3	PINO (<i>Pinus radiata</i>)	ASTM D143	
Compresión longitudinal	3	3	PIGUE (<i>Piptocoma discolor</i>)	ASTM D143	5×5×20 cm
	3	3	PINO (<i>Pinus radiata</i>)	ASTM D143	
Compresión transversal	3	3	PIGUE (<i>Piptocoma discolor</i>)	ASTM D143	5×5×15 cm
	3	3	PINO (<i>Pinus radiata</i>)	ASTM D143	

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 [4], 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, 1,5 kg/segundo. Se realiza por cada prueba una gráfica de carga contra deformación y se anotan todos los detalles que se consideren son importantes.

Es importante también la determinación del módulo de elasticidad a flexión.

2.3. 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.

3. Resultados y Discusión

3.1. Flexión longitudinal

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

Table 2

Valores de flexión longitudinal de tableros alistonados tricapa para *Pinus radiata* y *Piptocomo discolor*.

Probeta no.	Especie	Resistencia a la flexión longitudinal (kg/cm ²)	MOE longitudinal E [kg/cm ²]
1	PIGUE (<i>Piptocomo discolor</i>)	158,37	75333,05
2	PIGUE (<i>Piptocomo discolor</i>)	152,98	71142,59
3	PIGUE (<i>Piptocomo discolor</i>)	333,33	117715,38
4	PINO (<i>Pinus radiata</i>)	236,24	36576,58
5	PINO (<i>Pinus radiata</i>)	340,79	60533,79
6	PINO (<i>Pinus radiata</i>)	241,01	29169,77

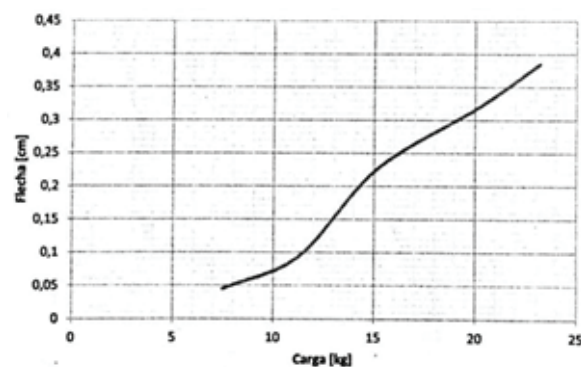


Figure 1

Carga deformación probeta 2.

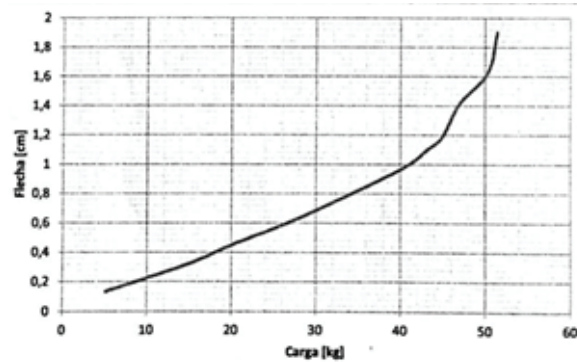


Figure 2

Gráfico carga deformación probeta 5.

3.2. Flexión transversal

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

Table 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>)	505,10	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>)	316,27	48462,16
6	PINO (<i>Pinus radiata</i>)	366,83	65922,10

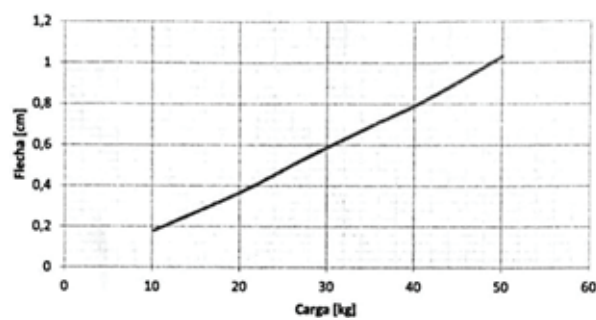


Figure 3

Gráfico carga deformación probeta 1.

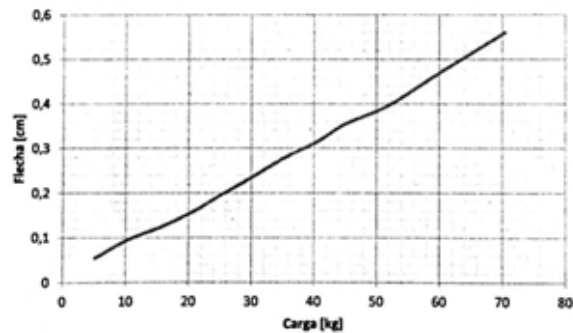


Figure 4

Gráfico carga deformación probeta 5.

3.3. Compresión longitudinal

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

Table 4

Valores de compresión longitudinal de tableros alistonados tricapa.

Probeta no.	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>)	27,20
4	PINO (<i>Pinus radiata</i>)	58,44
5	PINO (<i>Pinus radiata</i>)	61,52
6	PINO (<i>Pinus radiata</i>)	61,32

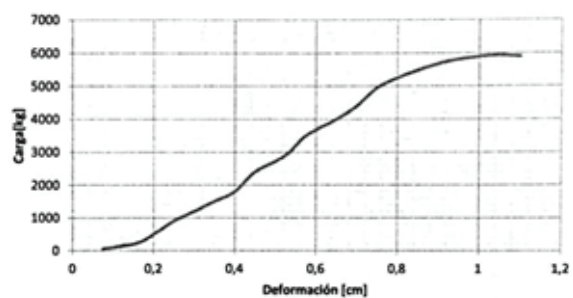


Figure 5

Gráfico carga deformación probeta 3.

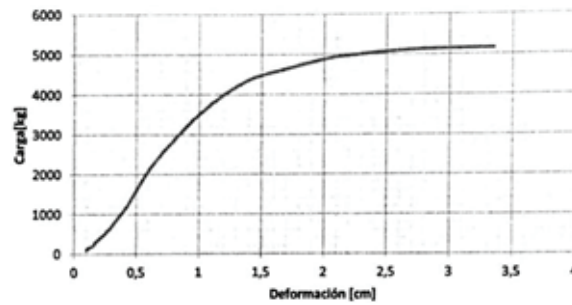


Figure 6

Gráfico carga deformación probeta 5.

3.4. Compresión transversal

La mayor resistencia a la compresión transversal lo presenta la probeta perteneciente al tablero alistonado tricapa de pino (*P. 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 (*P. discolor*).

Table 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>)	56,57
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>)	64,60
6	PINO (<i>Pinus radiata</i>)	60,80

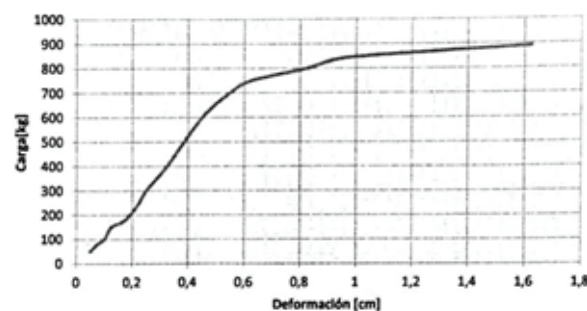


Figure 7

Carga deformación probeta 1.

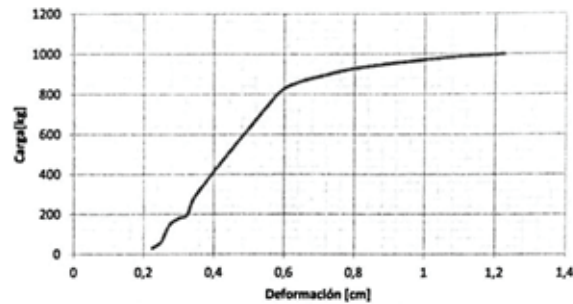


Figure 8

Gráfico carga deformación probeta 5.

3.5. Valores de resistencia y rigidez característicos de tableros alistonados

De acuerdo a 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 [7] 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.

Table 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

Table 7

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

Tableros tricapa empresa PISMADE S.A.				
Resistencia kg/cm ²	240,79	505,10	61,52	64,60
Resistencia N/mm ²	33,42	49,53	6,03	6,33

4. Conclusiones

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



Las probetas de tableros tricapa de *P. 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 *P. 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 *P. 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.

References

- [1] Paguay I. Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de tres especies forestales andinas: platuquero (*Styloceras* sp), yagual (*Polylepis racemosa*), nogal (*Juglans neotropica*) [Determination of the physical and mechanical properties of three Andean forest species: platuquero (*Styloceras* sp), yagual (*Polylepis racemosa*), walnut (*Juglans neotropica*), Tesis de Grado. Ingeniera Forestal]. Riobamba – Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2013. Spanish
- [2] Umerez H. Análisis de propiedades físicas de la madera de *Populus x euramericana* Y *Pinus pinaster* tras tratamientos de oleotermia [Analysis of physical properties of the wood of *Populus x euramericana* and *Pinus pinaster* after oleothermic treatments, Tesis de Maestría. Ingeniero en Montes]. Palencia-España: Universidad de Valladolid; 2015. Spanish
- [3] Ecuador Forestal. Sector forestal productivo formal [Formal productive forestry sector]. 2019 [Citado el 10 Mar 2019]. Recuperado de: <https://ecuadorforestal.org/informacion-s-f-e/sector-forestal-productivo-formal/>. Spanish
- [4] American Society of Testing Materials. Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber 1; 2014 [Citado el 20 Mar 2019]. Recuperado de: <https://doi.org/10.1520/D0143-14.2>. Spanish
- [5] Pérez E. Análisis de las propiedades físico mecánicas para un sustituto de madera natural elaborado a base de plásticos reciclados [Analysis of the physical mechanical properties for a natural wood substitute made from recycled plastics, Tesis de Grado. Ingeniero Civil]. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala; 2010. Spanish
- [6] Almeida J. (2015). Ensayo de Materiales [Material Testing, Internet]. Flexión; 2015 [Citado el 29 Oct 2019]. Recuperado de: <https://prezi.com/aa7gzsqna99k/ensayo-de-materiales-flexion/>. Spanish
- [7] Binderholz GmbH. Tableros para la construcción [Boards for construction, Internet]. Tirol – Austria; 2018 [Citado 1 Nov 2019]. Recuperado de: <https://www.binderholz.com/es/>. Spanish