

TENSIONES ADMISIBLES DE LA MADERA ASERRADA ESTRUCTURAL DE RENOVAL DE CANELO (*Drimys winteri* J.R.Forst. & G.Forst.) CON CLASIFICACIÓN VISUAL



**INSTITUTO FORESTAL
2024**



Las fotografías e imágenes incorporadas en tapas o texto de la presente publicación provienen de archivo institucional o fueron obtenidas o elaboradas durante el desarrollo de las actividades del trabajo que origina esta publicación.

TENSIONES ADMISIBLES DE LA MADERA ASERRADA ESTRUCTURAL DE RENOVAL DE CANELO (*Drimys winteri* J.R.Forst. & G.Forst.) CON CLASIFICACIÓN VISUAL

Jorge Catalán Linco¹; Luis Vásquez Valenzuela; Gonzalo Hernández Careaga;
Raúl Campos Pous y Pablo Mardones Díaz

Proyecto CORFO: Fortalecimiento de capacidades tecnológicas del Instituto Forestal para el desarrollo de la Industria Secundaria de la Madera, a través de bienes públicos orientados al sector de la construcción

**INSTITUTO FORESTAL
Tecnología y Productos de Madera
2024**

¹ Investigadores, Instituto Forestal, Sede Biobío. jorge.catalan@infor.cl



INFOR



INSTITUTO FORESTAL

Sucre 2397, Ñuñoa, Santiago

Chile

F. 56 2 223667115

www.infor.cl

ISBN N° 978 956 318 273 - 6

Registro de Propiedad Intelectual N° 2024 A 3014

Se autoriza la reproducción parcial de esta publicación siempre y cuando se efectúe la cita correspondiente:

Catalán, Jorge; Vásquez, Luis; Hernández, Gonzalo; Campos, Raúl y Mardones, Pablo (2024). Tensiones admisibles de la madera aserrada estructural de renoval de canelo con clasificación visual. Informe Técnico N°268. P. 15.

PRÓLOGO

El Instituto Forestal (INFOR), con el apoyo de la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), está llevando adelante un proyecto que considera como principal objetivo fomentar el uso de la madera y sus productos en la construcción, fortaleciendo a la Industria Secundaria de la Madera a través de la investigación, el desarrollo y la transferencia tecnológica.

El uso adecuado de la madera en la construcción demanda el conocimiento de sus propiedades física y mecánicas, y su durabilidad natural, aspectos que se deben incorporar y actualizar de manera periódica en la normativa chilena vigente.

INFOR, desde sus inicios ha caracterizado las propiedades físicas y mecánicas de las maderas nativas y las provenientes de plantaciones que se han adaptado de buena manera a las distintas condiciones de suelo y clima presentes en el país.

En esta oportunidad se derivan las tensiones admisibles de la madera aserrada estructural de renoval de canelo a partir de probetas libres de defecto, información que es relevante al momento de su uso en la construcción y en el desarrollo de productos con valor agregado.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2.OBJETIVOS.....	1
3.MATERIAL Y MÉTODO.....	1
3.1 Madera Aserrada	1
3.2 Ensayos Mecánicos y Físicos.....	2
3.2.1 Ensayo a la Flexión	2
3.2.2 Ensayo a la Tracción Paralela	2
3.2.3 Ensayo de Cizalle Paralelo.....	3
3.2.4 Ensayo a la Compresión Paralela	4
3.2.5 Ensayo a la Compresión Normal.....	4
3.2.6 Ensayo a la Dureza Radial y Tangencial.....	5
3.2.7 Ensayo de Extracción de Clavo Perpendicular y Paralelo a las Fibras	5
3.2.8 Densidades	6
3.3 Tensiones Admisibles.....	6
4.RESULTADOS.....	6
5.ANÁLISIS DE RESULTADOS	12
6.CONCLUSIONES	14
7.REFERENCIAS	15

1. INTRODUCCIÓN

El año 2021 las plantaciones forestales del país cubrieron 2.309.563 ha, destacando el pino radiata con 1.293.426 hectáreas, equivalente al 55% (Poblete et al., 2023).

La producción nacional de madera aserrada el año 2022 alcanzó 7.858.558 m³, de los cuales el 98% correspondió a pino radiata (Poblete et al., 2023).

Es interesante identificar alternativas de abastecimiento para la pyme del aserrío con especies del bosque nativo, en particular de los renovales, los cuales presentan una importante superficie en el país. De acuerdo a los antecedentes tecnológicos disponibles de las maderas provenientes de bosques nativos adultos sus maderas resultan adecuadas para una importante cantidad de usos, entre ellos el estructural.

Entre los recursos nativos destacan los renovales de canelo (*Drimys winteri* J.R.Forst. & G.Forst.), especie que se distribuye entre el río Limarí y el Cabo de Hornos, desde el nivel del mar hasta los 1.700 msnm (Loewe et al., 1997), siendo particularmente abundante en la Isla de Chiloé (Rodríguez et al., 1983). Crece hasta los 25 m de altura y presenta diámetros de hasta 1 metro (Loewe et al., 1997).

Los estudios tecnológicos que se deben considerar para incorporar la madera aserrada de renoval de canelo como materia prima para la construcción se refieren a las propiedades mecánicas y la durabilidad natural de la madera, información que posteriormente se incorpora en las normas chilenas NCh 1198, (INN, 2014) y NCh 789/1 (INN, 1987). Este estudio recopila la metodología, resultados y conclusiones de un estudio ejecutado con madera de renoval de canelo.

2.OBJETIVOS

Este estudio tiene por objetivo evaluar las tensiones admisibles de la madera aserrada estructural de renoval de canelo, para sus grados estructurales N°1 y N°2, a partir de ensayos ejecutados a probetas libres de defectos.

3.MATERIAL Y MÉTODO

3.1 Madera Aserrada

La madera fue obtenida de bosques creciendo en la región de La Araucanía, de unos 60 años de edad, en la comuna de Villarrica.

Se ensayó un total de 478 probetas libres de defectos. El Cuadro N°1 registra los ensayos ejecutados, el número de repeticiones y las normas chilenas utilizadas para implementar los ensayos mecánicos.

**Cuadro N°1
NÚMERO DE REPETICIONES POR PROPIEDAD MECÁNICA**

Ensayo	Repeticiones	Norma
Flexión	51	NCh 987 (INN, 1986a)
Tracción paralela	50	ASTM D143 (ASTM, 2014)
Cizalle paralelo (tangencial)	50	NCh 976 (INN, 1986b)
Cizalle paralelo (radial)	50	NCh 976 (INN, 1986b)
Compresión paralela	67	NCh 973 (INN, 1986c)
Compresión normal	60	NCh 974 (INN, 1986d)
Dureza radial (paralela, perpendicular)	50	NCh 978 (INN, 1986e)
Dureza tangencial (paralela, perpendicular)	50	NCh 978 (INN, 1986e)
Extracción de clavo (paralela, perpendicular)	50	NCh 979 (INN, 1986f)
Total, ensayos	478	

3.2 Ensayos Mecánicos y Físicos

Los ensayos mecánicos a probetas libres de defecto se ejecutaron en el Laboratorio de Madera Estructural del Instituto Forestal (LME-INFOR), laboratorio acreditado NCh-ISO 17025.

3.2.1 Ensayo a la Flexión

El ensayo permite determinar los parámetros de resistencia (R_f) y rigidez a la flexión (MOE). La Figura N°1 registra su implementación en el laboratorio.



**Figura N°1
IMPLEMENTACIÓN ENSAYO DE FLEXIÓN**

3.2.2 Ensayo a la Tracción Paralela

El ensayo permite determinar el parámetro de resistencia a la tracción paralela (R_{tp}). La Figura N°2 registra su implementación en el laboratorio.



**Figura N°2
IMPLEMENTACIÓN ENSAYO DE TRACCIÓN**

3.2.3 Ensayo de Cizalle Paralelo

El ensayo permite determinar el parámetro de resistencia al cizalle paralelo (R_{cz}), considerando orientaciones tangencial y radial. La Figura N°3 registra su implementación en el laboratorio.



**Figura N°3
IMPLEMENTACIÓN DEL ENSAYO AL CIZALLE**

3.2.4 Ensayo a la Compresión Paralela

El ensayo permite determinar el parámetro de resistencia a la compresión paralela (R_{cp}). La Figura N°4 registra su implementación en el laboratorio.



Figura N°4
IMPLEMENTACIÓN DEL ENSAYO A LA COMPRESIÓN PARALELA

3.2.5 Ensayo a la Compresión Normal

El ensayo permite determinar el parámetro de resistencia a la compresión normal a las fibras (R_{cn}). La Figura N°5 registra su implementación en el laboratorio.



Figura N°5
IMPLEMENTACIÓN DEL ENSAYO A LA COMPRESIÓN NORMAL

3.2.6 Ensayo a la Dureza Radial y Tangencial

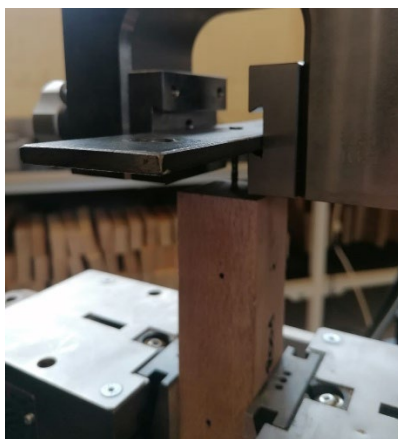
El ensayo permite determinar la dureza de la madera mediante una carga concentrada, considerando orientaciones paralela y perpendicular a la fibra. La Figura N°6 registra su implementación en el laboratorio.



**Figura N°6
IMPLEMENTACIÓN DEL ENSAYO DE DUREZA**

3.2.7 Ensayo de Extracción de Clavo Perpendicular y Paralelo a las Fibras

El ensayo permite determinar la resistencia a la extracción directa de clavos de la madera, considerando orientaciones paralela y perpendicular a las fibras. La Figura N°7 registra su implementación en el laboratorio.



**Figura N°7
IMPLEMENTACIÓN DEL ENSAYO DE EXTRACCIÓN DE CLAVO**

3.2.8 Densidades

A cada pieza de madera aserrada ensayada se le determinó la densidad normal (contenido humedad 12% y anhidra). Las probetas utilizadas en las determinaciones consideraron la sección transversal completa de la pieza y una longitud mayor o igual a su ancho.

3.3 Tensiones Admisibles

Las tensiones admisibles de las probetas de canelo libres de defecto considerando las solicitaciones de flexión (F_f , E_f), tracción paralela (F_{tp}), compresión paralela (F_{cp}), compresión normal (F_{cn}) y cizalle paralelo (F_{cz}); las que se derivaron a partir de sus valores característicos y factores de ajuste que señala NCh 3028/2 (INN, 2017).

Las razones de resistencia utilizadas para cuantificar los grados estructurales N°1 y N°2 las entrega NCh 1198, con magnitudes de 0,6 y 0,38; respectivamente. En el caso de las razones de resistencia para los módulos de elasticidad de los grados N°1 y N°2, se utilizaron magnitudes de 1 y 0,8, respectivamente (Moya *et al.*, 2015). También se usaron factores de ajuste por altura para la propiedad de flexión cuando se compararon las tensiones admisibles del renoval de canelo con las del pino radiata.

4.RESULTADOS

Los Cuadros N°2 a N°7 registran la estadística descriptiva de las resistencias a la flexión (R_f , E_f), tracción paralela (R_{tp}), cizalle paralelo (R_{cz}), compresión paralela (R_{cp}) y compresión normal (R_{cn}). Adicionalmente, se determinaron las magnitudes de carga máxima promedio para las propiedades de dureza radial (radial, tangencial) y extracción de clavo (perpendicular a la fibra, paralela a la fibra), cuyos resultados se presentan en los cuadros N°8 a N°10. El Cuadro N°11 resume las tensiones admisibles de la madera aserrada de renoval canelo, derivadas de probetas libres de defectos, y la de los grados estructurales visuales N°1 y N°2. El Cuadro N°12, en tanto, registra la estadística descriptiva de la densidad normal y anhidra de la madera.

Cuadro N°2
ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

Descripción	Resistencia a la flexión (Rf)
Promedio [MPa]	72,7
Máximo [MPa]	97,5
Mínimo [MPa]	39,9
Rango [MPa]	57,6
Tamaño de muestra	51
Desviación estándar (MPa)	11,5
Coefficiente de variación [%]	16
5to percentil	48,3
Admisible	23,0

Cuadro N°3
ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA MÓDULO DE ELASTICIDAD A LA FLEXIÓN

Descripción	Módulo de elasticidad (MOE)
Promedio [MPa]	8.998
Máximo [MPa]	12.304
Mínimo [MPa]	5.945
Rango [MPa]	6.359
Tamaño de muestra	52
Desviación estándar [MPa]	1.409
Coefficiente de variación [%]	16

Cuadro N°4
ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN PARALELA

Descripción	Resistencia a la tracción paralela (Rtp)
Promedio [MPa]	85,8
Máximo [MPa]	153,5
Mínimo [MPa]	29,6
Rango [MPa]	123,9
Tamaño de muestra	50
Desviación estándar [MPa]	27,6
Coefficiente de variación [%]	32%
5to percentil [MPa]	40,6
Admisible [MPa]	19,3

Cuadro N°5
ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA RESISTENCIA AL CIZALLE PARALELO

Descripción	Resistencia al cizalle paralelo Tangencial (Rcz)	Resistencia al cizalle paralelo Radial (Rcz)	Resistencia al cizalle paralelo Todas las probetas (Rcz)
Promedio [MPa]	12,6	8,4	10,5
Máximo [MPa]	16,4	11,1	16,4
Mínimo [MPa]	9,3	6,6	6,6
Rango [MPa]	7,1	4,5	9,8
Tamaño de muestra	50	50	100
Desviación estándar [MPa]	1,5	1,2	2,5
Coefficiente de variación [%]	12	14	24
5to percentil [MPa]	10,0	6,9	7,2
Admisible [MPa]	2,4	1,7	1,8

Nota: Para efectos del cálculo de la tensión admisible se consideraron todas las probetas

Cuadro N°6
ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARALELA

Descripción	Resistencia a la compresión paralela (Rcp)
Promedio [MPa]	37,9
Máximo [MPa]	48,6
Mínimo [MPa]	23,7
Rango [MPa]	25,0
Tamaño de muestra	67
Desviación estándar [MPa]	5,5
Coefficiente de variación [%]	14
5to percentil [MPa]	26,7
Admisible [MPa]	14,1

Cuadro N°7
ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NORMAL

Descripción	Resistencia a la compresión normal (Rcn)
Promedio [MPa]	13,8
Máximo [MPa]	24,8
Mínimo [MPa]	7,5
Rango [MPa]	17,3
Tamaño de muestra	60
Desviación estándar [MPa]	4,0
Coefficiente de variación [%]	29
5to percentil [MPa]	8,1
Admisible [MPa]	4,9

Cuadro N°8
ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DUREZA TANGENCIAL

Descripción	Dureza tangencial perpendicular a la fibra	Dureza tangencial paralela a la fibra
Promedio [N]	2.689	4.227
Máximo [N]	3.367	5.364
Mínimo [N]	1.977	2.421
Rango [N]	1.390	2.944
Tamaño de muestra	50	50
Desviación estándar [N]	365,0	619,8
Coefficiente de variación [%]	14	15

**Cuadro N°9
ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DUREZA RADIAL**

Descripción	Dureza radial perpendicular a fibra	Dureza radial longitudinal a fibra
Promedio [N]	2.448	3.987
Máximo [N]	3.195	4.869
Mínimo [N]	1.625	1.921
Rango [N]	1.570	2.948
Tamaño de muestra	50	50
Desviación estándar [N]	387,9	602,2
Coefficiente de variación [%]	16	15

**Cuadro N°10
ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA EXTRACCIÓN DE CLAVO**

Descripción	Extracción perpendicular a la fibra	Extracción paralela a la fibra
Promedio [N]	988	1.175
Máximo [N]	1.568	2.040
Mínimo [N]	632	809
Rango [N]	935	1.231
Tamaño de muestra	50	50
Desviación estándar [N]	211,4	294,4
Coefficiente de variación (%)	21	25

**Cuadro N°11
TENSIONES ADMISIBLES MADERA ASERRADA ESTRUCTURA**

Grado estructural	TENSIONES ADMISIBLES (MPa)					Módulo de elasticidad en flexión Ef
	Flexión	Tracción	Cizalle	Compresión paralela	Compresión normal	
	Ff	Ftp	Fcz	Fcp	Fcn	
Libre de defecto	23	19,3	1,8	14,1	4,9	8.998
N°1	13,8	11,6	1,1	8,5	4,9	8.998
N°2	8,7	7,3	0,7	5,4	4,9	7.198

Cuadro N°12
ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DENSIDAD NORMAL

Descripción	Densidad normal	Densidad anhidra
Promedio (Kg/m ³)	517	488
Máximo (Kg/m ³)	716	578
Mínimo (Kg/m ³)	399	405
Rango (Kg/m ³)	316	173
Tamaño de muestra	478	100
Desviación estándar (Kg/m ³)	50,7	40,6
Coefficiente de variación (%)	10	8
Valor característico (Kg/m ³)	444	423

Las Figuras N°8 a N°12 registran las fallas características de la madera aserrada a los esfuerzos a flexión, tracción paralela, compresión paralela, cizalle paralelo y compresión normal. La falla por flexión se produce en el borde traccionado de la pieza y se propaga a lo largo de la sección transversal, la falla por tracción paralela se produce por el desgarramiento de las fibras en sentido longitudinal. La falla por compresión paralela se produce mediante un pandeo de las fibras en sentido longitudinal, la falla por cizalle se evidencia en el plano de corte inducido. En tanto, la falla por compresión normal se genera por aplastamiento local en el área solicitada.

Las Figuras N°13 y N°14 registran las fallas asociadas a los ensayos de dureza y extracción de clavo, respectivamente. En el primer caso la falla responde a un aplastamiento local en la zona solicitada, mientras que para el ensayo de extracción de clavo la falla consiste en un orificio residual debido a la extracción del medio de unión.



Figura N°8
FALLA POR FLEXIÓN



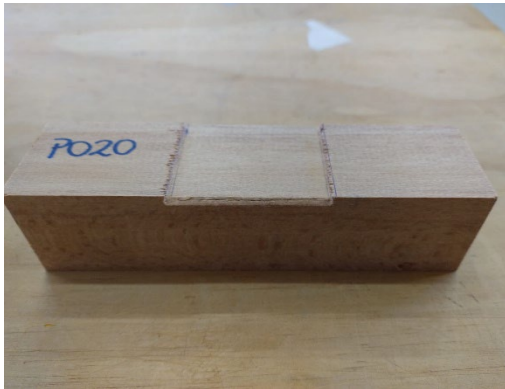
Figura N°9
FALLA POR TRACCIÓN PARALELA



**Figura N°10
FALLA POR CIZALLE**



**Figura N°11
FALLA POR COMPRESIÓN PARALELA**



**Figura N°12
FALLA POR COMPRESIÓN NORMAL**



**Figura N°13
FALLA POR DUREZA**



**Figura N°14
FALLA POR EXTRACCIÓN DE CLAVO**

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los Cuadros N°13 y N°14 resumen las tensiones admisibles de las maderas de renoval de canelo y pino radiata, respectivamente.

Al comparar las tensiones admisibles de la madera aserrada de renoval de canelo grado estructural N°1, con las del pino radiata grado GS (Cuadro N°15), se observa que el canelo presenta mejores propiedades mecánicas que el pino radiata, excepto para el módulo de elasticidad, un 14% menor. Al comparar el grado estructural N°2 del canelo con el grado GS del pino radiata, se observa que el canelo presenta mejores propiedades mecánicas a las sollicitaciones de tracción y compresión normal, con 22 y 96%, respectivamente.

Al comparar las tensiones admisibles de los grados estructurales N°1 y N°2 de la madera de renoval de canelo con las que registra sus equivalentes en NCh 1198 (Cuadro N°16), se destacan las mayores resistencias al esfuerzo de tracción de la madera de renoval de canelo, con 38 y 41%, respectivamente. También se destacan las menores resistencias de los grados estructurales N°1 y N°2 de la madera de renoval de canelo a los esfuerzos de cizalle (-12% y -29%) y compresión paralela (-19%). Las propiedades referidas a la flexión y módulo de elasticidad son similares.

Cuadro N°13
TENSIONES ADMISIBLES MADERA DE RENOVAL DE CANELO

Grado estructural	TENSIONES ADMISIBLES (MPa)					
	Flexión	Tracción	Cizalle	Compresión paralela	Compresión normal	Módulo de elasticidad en flexión
	Ff	Ftp	Fcz	Fcp	Fcn	Ef
N°1	12,9	11,6	1,1	8,5	4,9	8.998
N°2	8,2	7,3	0,7	5,4	4,9	7.198

Cuadro N°14
TENSIONES ADMISIBLES MADERA DE PINO RADIATA

Grado estructural	TENSIONES ADMISIBLES (MPa)					
	Flexión	Tracción	Cizalle	Compresión paralela	Compresión normal	Módulo de elasticidad en flexión
	Ff	Ftp	Fcz	Fcp	Fcn	Ef
GS	11	6,0	1,1	8,5	2,5	10.500
G1	7,5	5,0	1,1	7,5	2,5	10.000
G2	5,4	4,0	1,1	6,5	2,5	8.900

Cuadro N°15
CUADRO COMPARATIVO DE TENSIONES ADMISIBLES
RENOVAL DE CANELO VS PINO RADIATA, GRADO SELECTO

Grado estructural	TENSIONES ADMISIBLES (MPa)					
	Flexión	Tracción	Cizalle	Compresión paralela	Compresión normal	Módulo de elasticidad en flexión
	Ff	Ftp	Fcz	Fcp	Fcn	Ef
N°1	18%	93%	12%	6%	96%	-14%
N°2	-26%	22%	-29%	-33%	96%	-31%

Cuadro N°16
CUADRO COMPARATIVO DE TENSIONES ADMISIBLES
RENOVAL DE CANELO VS CANELO EN NCh 1198

Grado estructural	TENSIONES ADMISIBLES (MPa)					
	Flexión	Tracción	Cizalle	Compresión paralela	Compresión normal	Módulo de elasticidad en flexión
	Ff	Ftp	Fcz	Fcp	Fcn	Ef
N°1	-1%	38%	-14%	-15%	20%	-1%
N°2	2%	41%	-20%	-19%	20%	4%

El Cuadro N°17 resume los resultados obtenidos para los ensayos de dureza y extracción de clavo. Se observa que la dureza de la madera de renoval de canelo depende de la orientación de la aplicación de la carga. Para probetas con corte radial, la dureza en el sentido paralelo a las fibras es mayor en un 39% respecto de la dureza en el sentido perpendicular. Lo mismo ocurre para probetas de corte tangencial, con un aumento de 36%. Similar comportamiento se obtiene para la resistencia a la extracción de clavo, donde la resistencia es mayor en un 16% en el sentido paralelo a las fibras.

Si se comparan las resistencias de dureza según el tipo de corte que presenta la probeta, las de corte tangencial registran una resistencia mayor de 6% y 10% en los sentidos paralelo y perpendicular, respectivamente.

Al comparar las resistencias a la extracción de clavo en dirección paralela y perpendicular a la fibra, se observa una diferencia de un 16% entre ambas en favor del sentido paralelo de la aplicación de la carga.

El Cuadro N°18 presenta las densidades normales y anhidras de la madera de renoval de canelo. Se observa que las densidades determinadas son superiores a las que NCh 1198 menciona para el pino radiata, tanto en la condición normal como en la anhidra.

También se comparan las densidades obtenidas para el renoval de canelo con las que señala la NCh 1198. Se tiene que las densidades normales promedio determinadas en este estudio son superiores a las expuestas en la NCh 1198 para las densidades normales y anhidras. Lo opuesto

ocurre para las densidades características donde son inferiores a las que presenta la NCh 1198 para la misma especie.

**Cuadro N°17
RESUMEN DE RESULTADOS
ENSAYOS DE DUREZA Y EXTRACCIÓN DE CLAVO**

Propiedad	Carga máxima promedio [N]
Dureza radial (paralela)	3.987
Dureza radial (perpendicular)	2.448
Dureza tangencial (paralela)	4.227
Dureza tangencial (perpendicular)	2.689
Extracción de clavo (paralela)	1.175
Extracción de clavo (perpendicular)	988

**Cuadro N°18
DENSIDADES NORMAL Y ANHIDRA RENOVAL DE CANELO Y PINO RADIATA**

Densidad	INFOR 2024 Canelo		NCh 1198 Canelo		NCh 1198 Pino Radiata	
	Normal	Anhidra	Normal	Anhidra	Normal	Anhidra
Promedio (Kg/m ³)	517	488	502	470	476	450
Característico (Kg/m ³)	444	423	470	440	391	370

6. CONCLUSIONES

A partir de probetas libres de defectos se derivaron las tensiones admisibles de la madera de renoval de canelo y las asociadas a los grados estructurales visuales N°1 y N°2. Los resultados obtenidos permiten concluir lo siguiente:

- El grado estructural N°1 de la madera de renoval de canelo, registra en todas las sollicitaciones evaluadas mayores propiedades mecánicas que el grado estructural selecto del pino radiata, siendo el módulo de elasticidad el único que no sigue el patrón indicado.
- El grado estructural N°1 de la madera de renoval de canelo, registra en 4 de las 6 propiedades mecánicas evaluadas, magnitudes menores que su equivalente en NCh 1198, destacando el cizalle y la compresión paralela.
- El grado estructural N°2 de la madera de renoval de canelo, registra en 2 de las 6 propiedades mecánicas evaluadas, magnitudes menores que su equivalente en NCh 1198, destacando, al igual que en el caso del grado estructural N°1, el cizalle y la compresión paralela.

7.REFERENCIAS

- ASTM D143-14 (2014).** Standard test methods for small clear specimens of timber. *ASTM International: West Conshohocke, PA, USA.*
- Poblete Hernández, Pamela; Gysling Caselli, Janina; Alvarez González, Verónica; Bañados M., Juan Carlos; Kahler González, Carlos et al. (2023).** Anuario Forestal 2023. Instituto Forestal, Chile. Boletín Estadístico N° 192. <https://doi.org/10.52904/20.500.12220/32652>
- INN (2014).** NCh 1198. Madera. Construcciones en madera. Cálculo. Instituto Nacional de Normalización, Chile.
- INN (1986^a).** NCh 987. Determinación de las propiedades mecánicas – Ensayo de Flexión estática. Instituto Nacional de Normalización, Chile.
- INN (1986^b).** NCh 976. Madera – Determinación de las propiedades mecánicas – Ensayo de cizalle paralelo a las fibras. Instituto Nacional de Normalización, Chile.
- INN (1986^c).** NCh 973. Madera – Determinación de las propiedades mecánicas – Ensayo de compresión paralela. Instituto Nacional de Normalización, Chile.
- INN (1986^d).** NCh 974. Madera – Determinación de las propiedades mecánicas – Ensayo de compresión perpendicular a las fibras. Instituto Nacional de Normalización, Chile.
- INN, (1986^e).** NCh 978. Madera – Determinación de las propiedades mecánicas – Ensayo de dureza
- INN (1986^f).** NCh 979. Madera – Determinación de las propiedades mecánicas – Ensayo de extracción de clavo
- INN (1987).** NCh 789/1. Clasificación de maderas comerciales por su durabilidad natural. Instituto Nacional de Normalización, Chile.
- INN (2017).** NCh 3028/2. Madera estructural. Determinación de propiedades físicas y mecánicas de la madera clasificada por su resistencia. Parte 2: Muestreo y evaluación de los valores característicos de piezas en tamaño estructural. Instituto Nacional de Normalización, Chile.
- Loewe, M, V.; Tora, I. M.; Mery, A. Alejandra; López, L. C.; Urquieta, N. E. (1997).** Monografía del Canelo *Drimys winteri* 1997. INFOR-CONAF.
- Moya, L.; Cardoso, A. y Cagno, M. (2015).** Caracterización estructural de madera aserrada de pinos cultivados en Uruguay. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 17(3), 597-612.
- Rodriguez, R.; Matthei, O. y Quezada, M. (1983).** Flora arbórea de Chile. Ediciones de la Universidad de Concepción.



INFOR



www.infor.cl