

**TENSIONES ADMISIBLES DE LA MADERA ASERRADA ESTRUCTURAL
DE PINO OREGON (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco)
CLASIFICADA VISUALMENTE**



**TENSIONES ADMISIBLES DE LA MADERA ASERRADA ESTRUCTURAL
DE PINO OREGON (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco)
CLASIFICADA VISUALMENTE**

Jorge Catalán¹; Luis Vásquez; Gonzalo Hernández; Marco Fernández;
Leonardo Troncoso; Patricio Elgueta; Raúl Campos; Pablo Mardones;
Cristian Reyes y Javiera Padilla

Financiamiento

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 2018.



**INSTITUTO FORESTAL
Tecnología y Productos de Madera
2019**

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



INFOR

INSTITUTO FORESTAL
Sucre 2397, Ñuñoa, Santiago
Chile
F: 56 2 223667115
www.infor.cl

ISBN N° 978-956-318-158-6
Registro Propiedad Intelectual N° 2020-A-737

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

Catalán, Jorge; Vásquez, Luis; Hernández, Gonzalo; Fernández, Marco; Troncoso, Leonardo; Elgueta, Patricio; Campos, Raúl; Mardones, Pablo; Reyes, Cristian y Padilla, Javiera, 2019. Tensiones Admisibles de la Madera Aserrada Estructural de Pino Oregón (*Pseudotsuga Menziesii* (Mirb.) Franco) Clasificada Visualmente. Instituto Forestal, Chile. Informe Técnico N° 225. P. 18

PRÓLOGO

El pino oregon es originario de América del Norte, donde tiene una amplia distribución natural desde British Columbia en Canadá hasta Nuevo México en Estados Unidos y es una de las especies forestales comerciales más importantes de la costa oeste.

Esta especie fue introducida a Chile en los inicios del siglo XX y alcanza buenos crecimientos en el país. Al año 2017 existían 16.567 de plantaciones entre las regiones de Maule y Aysén, principalmente en las regiones de La Araucanía y Aysén.

La producción de madera aserrada en el país es fundamentalmente de pino radiata. Sin embargo, existe ya una emergente producción basada en pino oregon, cuya madera es apreciada para distintas aplicaciones en la construcción por su atractiva veta y color.

El Instituto Forestal (INFOR), con el apoyo de la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), está desarrollando un proyecto que entre sus principales objetivos contempla el desarrollo de la industria secundaria de la madera, cuyo mayor insumo es la madera aserrada, y el incremento del uso de madera en el país, en especial en la construcción de viviendas, a través de la variedad de productos que esta industria genera o puede generar, como vigas laminadas, cerchas, pisos, molduras, muros, revestimientos, puertas, ventanas y otros.

El adecuado uso de la madera en la construcción requiere del conocimiento de sus propiedades físico-mecánicas, su durabilidad natural y otras características que varían según la especie de que se trate, y estas propiedades deben estar incorporadas en la respectiva normativa nacional.

INFOR desde sus inicios ha estudiado y caracterizado las maderas en el país, tanto de las especies nativas como de las exóticas que dominan en las plantaciones forestales y que hoy representan casi la totalidad de la corta anual para fines industriales.

En esta oportunidad se entregan resultados sobre tensiones admisibles de la madera aserrada estructural de pino oregon clasificada visualmente, información muy relevante para el uso de esta especie en la construcción y para el desarrollo de la correspondiente normativa al respecto.

Fernando Raga Castellanos
Director Ejecutivo
Instituto Forestal

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	2
3. METODOLOGÍA	2
3.1. Madera Aserrada	2
3.2. Ensayos Físicos y Mecánicos	2
3.2.1. Ensayos de Flexión	3
3.2.2. Ensayo de Tracción Paralela a las Fibras	3
3.2.3. Ensayo de Compresión Paralela a las Fibras	4
3.2.4. Ensayo de Cizalle Paralelo a las Fibras	5
3.2.5. Ensayo de Compresión Normal a las Fibras	5
3.3. Densidad	6
3.4. Determinación de las Tensiones Admisibles	6
4. RESULTADOS	6
4.1. Clasificación Visual Estructural	6
4.2. Tensiones Admisibles	7
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS	11
5.1. Clasificación Visual	11
5.2. Análisis Comparativo de Valores Característicos	14
5.3. Análisis Comparativos de Propiedades Físicas y Mecánicas de Pino Oregon y Pino Radiata	16
6. CONCLUSIONES	17
7. REFERENCIAS	17

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la especie maderera con mayor participación en el mercado de la madera aserrada en el país corresponde al pino radiata, con aproximadamente un 97% de la producción nacional.

Como consecuencia de los devastadores incendios forestales que afectaron al país el año 2017, una importante superficie de los bosques de pino radiata fue consumida, situación que afecta de manera directa el abastecimiento de la pyme de aserrío, considerando que este proviene principalmente de esta especie.

En atención a lo anterior, surge la necesidad de identificar especies alternativas al pino radiata como fuente de abastecimiento para los aserraderos pyme trabajando en el país. Una especie maderera que presenta una interesante superficie de plantaciones es pino oregon, con más de 16 mil hectáreas, que se ubican principalmente la región de La Araucanía (INFOR, 2018).

Para incorporar al pino oregon como una alternativa de abastecimiento para la pyme de aserrío y para la construcción en el país se deben cumplir requisitos como determinar las propiedades mecánicas y el índice de durabilidad natural de la madera, y propiciar normas chilenas respecto de su uso.

En este estudio se presentan los resultados de las propiedades físicas y mecánicas de la madera aserrada estructural de pino oregon, previamente clasificada en los grados estructurales visuales GS, G1 y G2, y su comparación con los grados estructurales visuales asociados al pino radiata.

El trabajo recopila la metodología, resultados y conclusiones de un estudio relacionado con las propiedades físicas y mecánicas de una muestra de madera aserrada estructural de pino oregon, clasificada por el método visual, proveniente de la región de La Araucanía.

La determinación de las propiedades físicas y mecánicas de la madera de pino oregon se ejecutó según las indicaciones de las normas NCh 3028/1 (INN, 2006), NCh 3028/2 (INN, 2006a) y NCh 176/2 (INN, 1986).

Las propiedades físicas y mecánicas de la madera aserrada estructural de pino oregon, grados estructurales visuales GS, G1 y G2, fueron comparadas con los grados estructurales que señala NCh 1198 (INN, 2014) para la madera aserrada de pino radiata.

Una comparación adicional se realizó con los valores característicos determinados con las metodologías indicadas en las normas NCh 3028/2, EN 384 (CEN, 2016) y AS/NSZ 4063 (AS/NZS, 2010).

Todos los ensayos se ejecutaron en el Laboratorio de Madera Estructural del Instituto Forestal (LME-INFOR), el cual cuenta con un sistema de gestión acreditado bajo la norma NCh-ISO 17025.

2. OBJETIVOS

Determinar las propiedades físicas y mecánicas de la madera aserrada estructural de pino oregon, previamente clasificada en los grados estructurales visuales GS, G1 y G2, y compararlas con los grados estructurales visuales asociados al pino radiata

3. METODOLOGÍA

3.1. Madera Aserrada

La madera aserrada de pino oregon utilizada en este estudio proviene de la región de La Araucanía, de árboles cosechados a los 40 años de edad en promedio. Los trozos fueron procesados en el aserradero Flor del Lago.

Se seleccionaron 1.200 piezas de madera aserrada para los ensayos mecánicos, con un contenido de humedad inferior al 19%, escuadría 2x4", cepillada (41x90 mm), que cumplen requisitos estructurales visuales asociados a los grados GS, G1 y G2, según las indicaciones de NCh 1207 (INN, 2005).

En el Cuadro N° 1 se indica la cantidad de piezas ensayadas en función del ensayo mecánico y el grado estructural visual.

Cuadro N° 1
CANTIDAD DE ENSAYOS POR PROPIEDAD MECÁNICA

Ensayo Mecánico	Grado Estructural			Total
	GS	G1	G2	
Flexión	100	100	100	300
Tracción	100	100	100	300
Compresión paralela	100	100	100	300
Cizalle paralelo	100	100	100	300
Compresión normal	30			30
Total				1.230

El ensayo de compresión normal consideró probetas libres de defectos.

Los ensayos de flexión, compresión y cizalle consideraron madera de 3,2 m largo

El ensayo de tracción consideró madera aserrada de 4,0 m de largo.

3.2. Ensayos Físicos y Mecánicos

Los ensayos mecánicos y físicos se ejecutaron en el Laboratorio de Madera Estructural del Instituto Forestal (LME-INFOR), según indicaciones de NCh 3028/1: Madera estructural. Determinación de propiedades físicas y mecánicas de la madera clasificada por su resistencia. Parte 1: Métodos de ensayo en tamaño estructural; y NCh176/2: Madera - Parte 2: Determinación de la densidad.

3.2.1. Ensayo de Flexión

El ensayo permite determinar los parámetros de resistencia (MOR) y rigidez a la flexión (MOE). Las Figuras N° 1 y N° 2 registran el esquema del ensayo y su implementación en el laboratorio, respectivamente.

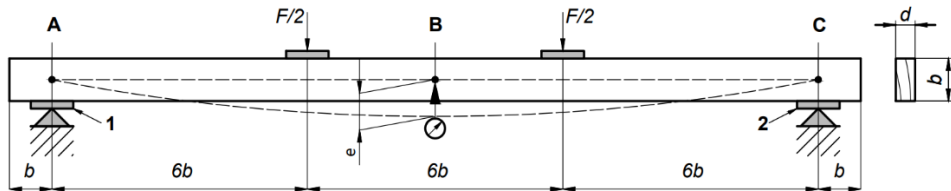


Figura N° 1
ESQUEMA DEL ENSAYO FLEXIÓN (NCh 3028/1)

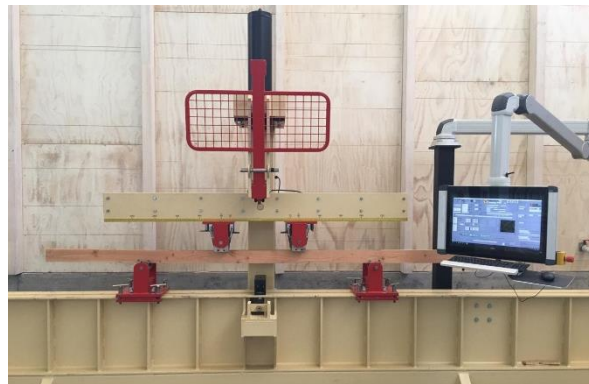


Figura N° 2
IMPLEMENTACIÓN DEL ENSAYO FLEXIÓN

3.2.2. Ensayo de Tracción Paralela a las Fibras

El ensayo permite determinar el parámetro de resistencia a la tracción paralela (RTp). Las figuras 3 y 4 registran el esquema del ensayo y su implementación en el laboratorio, respectivamente.

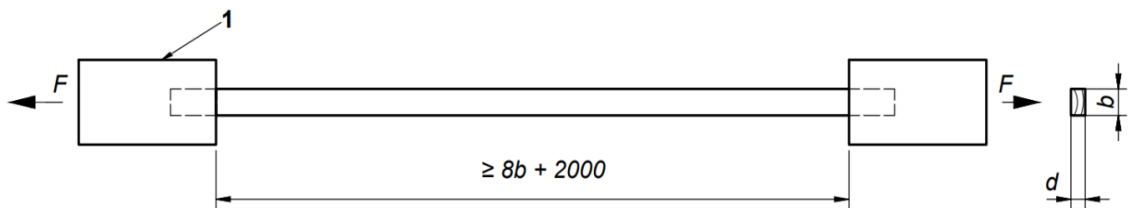


Figura N° 3
ESQUEMA DEL ENSAYO TRACCIÓN PARALELA (NCh 3028/1)



Figura N° 4
IMPLEMENTACIÓN DEL ENSAYO TRACCIÓN PARALELA

3.2.3. Ensayo de Compresión Paralela a las Fibras

El ensayo permite determinar el parámetro de resistencia a la compresión paralela (RCp). Las Figuras N° 5 y N° 6 registran el esquema del ensayo y su implementación en el laboratorio.

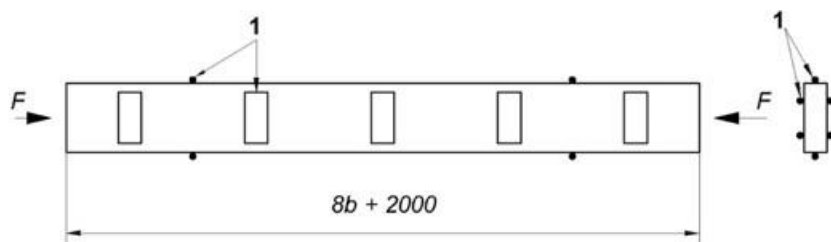


Figura N° 5
ESQUEMA DEL ENSAYO COMPRESIÓN PARALELA (NCh 3028/1)



Figura N° 6
IMPLEMENTACIÓN DEL ENSAYO COMPRESIÓN PARALELA

3.2.4. Ensayo de Cizalle Paralelo a las Fibras

El ensayo permite determinar el parámetro de resistencia al cizalle paralelo (RCz). Las Figuras N° 7 y N° 8 registran el esquema del ensayo y su implementación en el laboratorio.

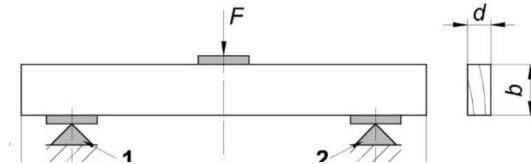


Figura N° 7
ESQUEMA DEL ENSAYO CIZALLE PARALELO (NCh3028/2)



Figura N° 8
IMPLEMENTACIÓN DEL ENSAYO CIZALLE PARALELO

3.2.5. Ensayo de Compresión Normal a las Fibras

El ensayo permite determinar el parámetro de resistencia a la compresión normal a las fibras (RCn). Las Figuras N° 9 y N° 10 registran el esquema del ensayo y su implementación en el laboratorio.

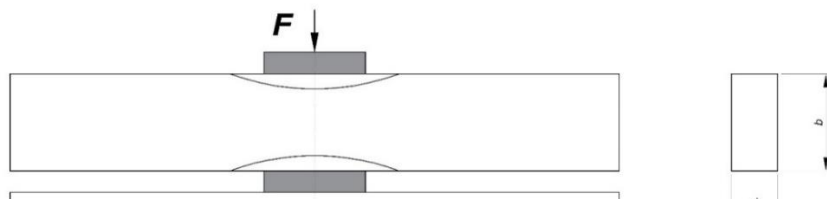


Figura N° 9
ESQUEMA DEL ENSAYO COMPRESIÓN NORMAL (NCh 3028/2)



Figura N° 10
IMPLEMENTACIÓN DEL ENSAYO COMPRESIÓN NORMAL

3.3. Densidad

A cada probeta ensayada se le determinó la densidad normal al 12% de contenido de humedad 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.

3.4. Determinación de las Tensiones Admisibles

La determinación de las tensiones admisibles a las solicitaciones de flexión (MOE, MOR), tracción paralela (RTp), compresión paralela (RCp), cizalle paralelo (FCz) y compresión normal (FCn) se realizó según lo indica 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.

4. RESULTADOS

4.1. Clasificación Visual Estructural

Se inspeccionaron 3.880 piezas aserradas de pino oregon, de largo 3,2 m. De ellas, 2.980 unidades fueron rechazadas, principalmente por nudo alargado, razones de nudosa total e individual, grietas, rajaduras, fibra desviada y alabeos (encorvadura, arqueadura, torcedura. El rendimiento del proceso de clasificación visual alcanzó un 23%

En el Cuadro N° 2 se indica el número de piezas aserradas clasificadas en cada uno de los grados visuales y la cantidad rechazada.

Cuadro N° 2
RESULTADOS DE CLASIFICACIÓN DE MADERA ASERRADA LARGO 3.2 m

Grado GS	Grado G1	Grado G2	Rechazo
300	300	300	2.980

Se inspeccionaron 1.260 piezas aserradas de pino oregon, de largo 4,0 m. De ellas, 960 unidades fueron rechazadas, principalmente por nudo alargado, razones de área nudosa total e individual, grietas, rajaduras, fibra desviada y alabeos (encorvadura, arqueadura, torcedura. El rendimiento del proceso de clasificación visual alcanzó un 24%

En el Cuadro N° 3 registra el número de piezas aserradas clasificadas en cada uno de los grados visuales y la cantidad rechazada.

Cuadro N° 3
RESULTADOS DE CLASIFICACIÓN DE MADERA ASERRADA, LARGO 4,0 m

Grado GS	Grado G1	Grado G2	Rechazo
100	100	100	960
12,6 %	12,6 %	12,6 %	76,2 %

4.2. Tensiones Admisibles

Se ejecutaron 300 ensayos a flexión, 300 a tracción paralela, 300 a cizalle paralelo, 300 a compresión paralela y 30 a compresión normal.

En los Cuadros N° 4 a N° 10 se registran las estadísticas descriptivas de los resultados obtenidos para los ensayos en flexión (MOE: Módulo de Elasticidad y MORf: Módulo de Rotura en Flexión), tracción paralela a las fibras (Rtp: Resistencia a la Tracción) y compresión paralela a las fibras.

En las Figuras N° 11 a N° 14 se muestran las fallas típicas registradas en los ensayos descritos anteriormente. El Cuadro N° 11 muestra las densidades normales (12%) y anhidra, obtenidas para la madera aserrada de pino oregon.

Cuadro N° 4
ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA ENSAYO DE FLEXIÓN

Descripción	MORf 12%	MORf 12%	MORf 12%
	GS	G1	G2
Promedio [MPa]	60,4	41,3	34,2
Valor mínimo [MPa]	20,4	18,4	9,8
Valor máximo [MPa]	112,6	81,2	72,7
Rango [MPa]	92,3	62,8	62,9
Desviación estándar [MPa]	18,5	12,8	12,1
Coefficiente de variación (%)	30,6	31,0	35,4
Tamaño muestra	100	100	100
Percentil 5 [MPa]	29,9	22,7	17,2
Admisible [MPa]	14,2	10,8	8,2

Cuadro N° 5
ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA MÓDULO DE ELASTICIDAD EN FLEXIÓN

Descripción	MOE 12%	MOE 12%	MOE 12%
	GS	G1	G2
Promedio [MPa]	12.442,7	10.229,2	8.964,7
Valor mínimo [MPa]	6.773,1	6.837,2	3.137,1
Valor máximo [MPa]	20.490,6	13.864,4	12.094,1
Rango [MPa]	13.717,5	7.027,2	8.957,0
Desviación estándar [MPa]	2.359,4	1.664,5	1.514,7
Coeficiente de variación (%)	19,0	16,3	16,9
Tamaño muestra	100	100	100



Figura N° 11
FALLA ENSAYO DE FLEXIÓN

Cuadro N° 6
ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA ENSAYO DE TRACCIÓN PARALELA

Descripción	Rtp 12%	Rtp 12%	Rtp 12%
	GS	G1	G2
Promedio [MPa]	32,4	24,0	18,2
Valor mínimo [MPa]	12,5	9,7	6,2
Valor máximo [MPa]	61,7	58,7	49,2
Rango [MPa]	49,2	48,9	43,0
Desviación estándar [MPa]	11,0	8,5	7,7
Coeficiente de variación (%)	34,1	35,6	42,4
Tamaño muestra	100,0	100,0	100,0
Percentil 5 [MPa]	17,8	13,1	9,3
Admisible [MPa]	8,5	6,2	4,4



Figura N° 12
FALLA ENSAYO DE TRACCIÓN

Cuadro N° 7
ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA ENSAYO DE COMPRESIÓN PARALELA

Descripción	Rcp 12%	Rcp 12%	Rcp 12%
	GS	G1	G2
Promedio [MPa]	29,6	27,7	26,6
Valor mínimo [MPa]	16,3	16,5	12,4
Valor máximo [MPa]	49,6	38,1	40,6
Rango [MPa]	33,3	21,6	28,2
Desviación estándar [MPa]	6,4	4,7	4,8
Coefficiente de variación (%)	21,8	16,9	17,9
Tamaño de la muestra	98	100	100
Percentil 5 [MPa]	21,0	21,2	19,9
Admisible [MPa]	11,1	11,1	10,5



Figura N° 13
FALLA ENSAYO DE COMPRESIÓN PARALELA

Cuadro N° 8
ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA ENSAYO CIZALLE PARALELO

Descripción	Rcz 12%	Rcz 12%	Rcz 12%
	GS	G1	G2
Promedio [MPa]	5,9	5,1	4,8
Valor mínimo [MPa]	3,8	2,7	2,2
Valor máximo [MPa]	9,1	8,5	8,8
Rango [MPa]	5,2	5,9	6,6
Desviación estándar [MPa]	1,0	1,0	1,2
Coeficiente de variación (%)	17,7	20,1	25,7
Tamaño de la muestra	100	100	100
Percentil 5 [MPa]	4,3	3,3	2,6
Admisible [MPa]	1,1	0,8	0,6



Figura N° 14
FALLA ENSAYO DE CIZALLE PARALELO

Cuadro N° 9
ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA ENSAYO DE COMPRESIÓN NORMAL

Descripción	RCn 12%
Promedio [MPa]	9,7
Valor mínimo [MPa]	6,3
Valor máximo [MPa]	19,2
Rango [MPa]	12,9
Desviación estándar [MPa]	2,7
Coeficiente de variación (%)	27,6
Tamaño de la muestra	30
Percentil 5 [MPa]	6,37
Admisible [MPa]	3,8

Cuadro N° 10
ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA ÍNDICE DE APLASTAMIENTO COMPRESIÓN NORMAL

Descripción	Índice Aplastamiento Compresión Normal
Promedio [MPa]	3,7
Valor mínimo [MPa]	2,2
Valor máximo [MPa]	7,8
Rango [MPa]	5,7
Desviación estándar [MPa]	1,4
Coeficiente de variación (%)	38,8
Tamaño de la muestra	30

Cuadro N° 11
ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DENSIDAD NORMAL Y ANHIDRA

Descripción	Densidad	
	Normal 12%	Anhidra
Promedio (kg/m ³)	463,8	424,7
Máximo (kg/m ³)	658,6	532,3
Mínimo (kg/m ³)	357,2	343,1
Desviación Estándar (kg/m ³)	48,2	39,1
Coeficiente Variación (%)	10,4%	9,2%
Valor percentil 5% (kg/m ³)	394,0	364,6
Tamaño de la muestra	1.200	100

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. Clasificación Visual

En las Figuras N° 15 a N° 19 se registran los gráficos de frecuencias acumuladas de datos para los ensayos mecánicos a la flexión, módulo de elasticidad en flexión, tracción y compresión paralela para la madera aserrada de pino oregon.

Se observa que la clasificación visual mediante la norma NCh1207 permite diferenciar de forma clara los grados estructurales GS, G1 y G2, excepto para la propiedad de compresión paralela, donde los datos presentan un comportamiento más homogéneo.

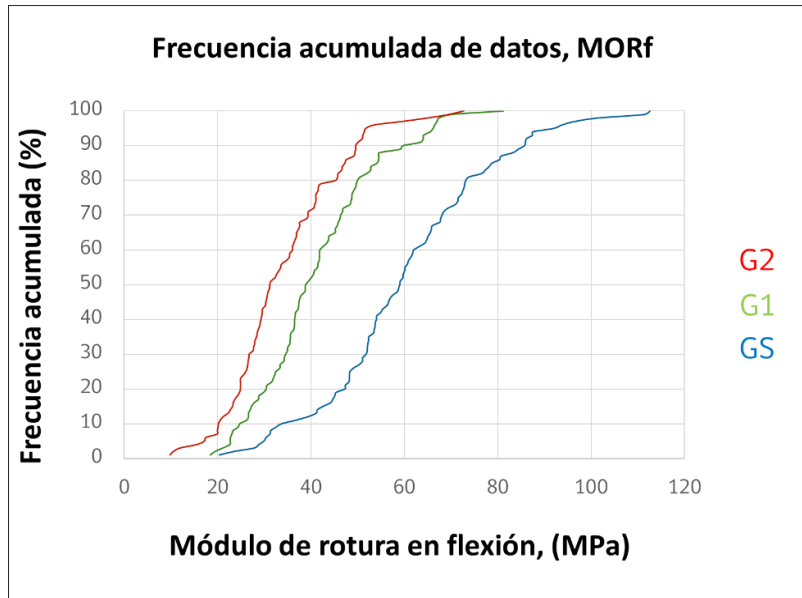


Figura N° 15
FRECUENCIA ACUMULADA MÓDULO DE ROTURA EN FLEXIÓN

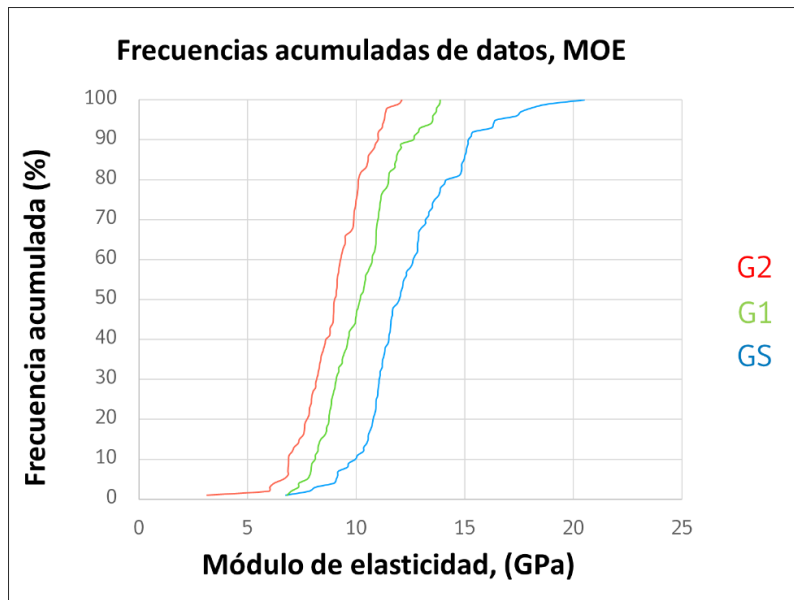


Figura N° 16
FRECUENCIA ACUMULADA MÓDULO DE ELASTICIDAD EN FLEXIÓN

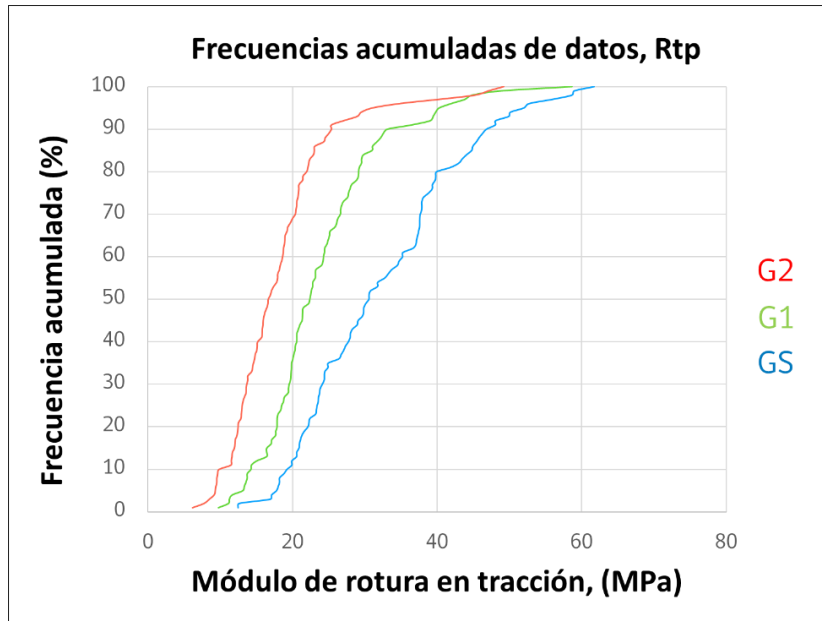


Figura N° 17
FRECUENCIA ACUMULADA MÓDULO ROTURA EN TRACCIÓN

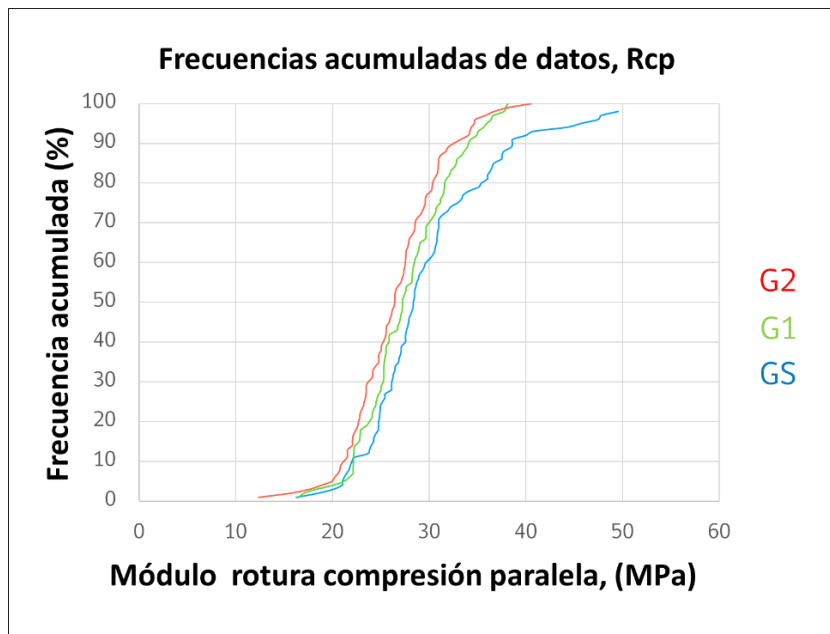


Figura N° 18
FRECUENCIA ACUMULADA MÓDULO ROTURA EN COMPRESIÓN PARALELA

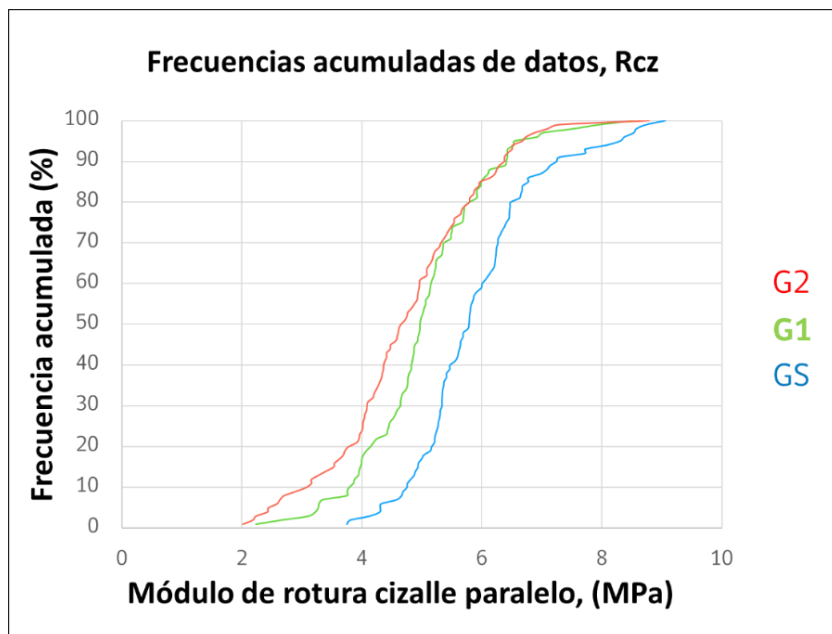


Figura N° 19
FRECUENCIA ACUMULADA MÓDULO ROTURA COMPRESIÓN PARALELA

5.2. Análisis Comparativo de Valores Característicos

En el Cuadro N° 12 se presentan los valores característicos obtenidos correspondiente a cada propiedad mecánica para el pino oregon utilizando las normas NCh 3028/2, AZ/NSZ 4063-2 y EN 384. Se observa que los valores característicos obtenidos mediante la NCh1207 presentan similar magnitud a los obtenidos con AZ/NSZ 4063-2.

En el mercado australiano existen los denominados “grados F”. Ellos pueden ser asignados a la madera aserrada mediante la realización de ensayos mecánicos en tamaño comercial, clasificada por su resistencia bajo cualquier método de clasificación (pruebas *in-grade*) y la determinación de su valores característicos. En función de la información presentada en los Cuadros N° 12 y N° 13, se observa que:

- El grado estructural GS corresponde al grado australiano F11
- El grado estructural G1 corresponde al grado estructural F7
- El grado estructural G2 corresponde al grado estructural F5

En el mercado europeo la norma EN 338: Clases Resistentes (CEN, 2016a), señala los grados estructurales a los para una especie maderera conífera se puede asignar su calidad estructural si ella cumple con los valores característicos definidos para cada propiedad mecánica. En función de los Cuadros N° 12 y N° 14, se observa que:

- El grado estructural GS corresponde a la clase resistente C20
- El grado estructural G1 corresponde al grado estructural C14

- El grado estructural G2 no puede ser asignado a una clase resistente, pues no cumple con los requerimientos de rotura en flexión.

Cuadro N° 12
VALORES CARACTERÍSTICOS DE ACUERDO A NORMAS NCH3028/2, AS/NZS 4063 Y EN 338

Grado Estructural		Valores Característicos (MPa)				Módulo de Elasticidad en Flexión
		Flexión	Compresión Paralela	Tracción Paralela	Cizalle	
		Ff	Fc	Ftp	Fcz	
GS	NCh 3028	30,0	21,1	17,9	4,5	12.443
	AS/NZS 4063	33,4	19,9	17,2	4,3	12.035
	EN 386	24,6	17,2	13,9	3,4	13.371
G1	NCh 3028	22,7	21,1	13,0	3,3	10.229
	AS/NZS 4063	23,6	20,0	13,0	3,5	10.011
	EN 386	19,6	17,4	10,2	2,5	10.564
G2	NCh 3028	17,2	20,0	9,2	2,5	8.965
	AS/NZS 4063	17,5	19,0	9,1	2,9	8.844
	EN 386	12,2	15,1	7,4	1,9	8.916

Cuadro N° 13
VALORES CARACTERÍSTICOS DE LOS GRADOS F AUSTRIALIA

Grado	Tension Característica (MPa)					Módulo de Elasticidad Promedio Característico (MPa)
	Flexion	Tracción Paralela		Corte en Viga	Compresión Paralela	
		Madera Latifoliadas	Madera Coníferas			
F34	84	51	42	6,1	63	21.500
F27	67	52	34	5,1	51	18.500
F22	55	34	29	4,2	42	16.000
F17	42	25	22	3,6	34	14.000
F14	36	22	19	3,3	27	12.000
F11	31	18	15	2,8	22	10.500
F8	22	13	12	2,2	18	9.100
F7	18	11	8,9	1,9	13	7.900
F5	14	9	7,3	1,6	11	6.900
F4	12	7	5,8	1,3	8,6	6.100

Cuadro N° 14
VALORES CARACTERÍSTICOS DE CLASES RESISTENTES PARA CONÍFERAS EUROPA

	C14	C16	C18	C20	C24
Propiedades de Resistencia, MPa					
Flexión	14	16	18	20	24
Tracción paralela a la fibra	8	10	11	12	14
Tracción perpendicular a la fibra	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Compresión paralela a la fibra	16	17	18	19	21
Compresión perpendicular a la fibra	2	2,2	2,2	2,3	2,5
Cizalle	3	3,2	3,4	3,6	4
Propiedades de Rigidez, GPa					
Módulo de elasticidad medio paralelo a la fibra	7	8	9	9,5	11
Módulo de elasticidad medio paralelo a la fibra (Percentil 5%)	4,7	5,4	6	6,4	7,4
Módulo de elasticidad medio perpendicular a la fibra	0,23	0,27	0,3	0,32	0,37
Módulo de rigidez medio	0,44	0,5	0,56	0,59	0,69

5.3. Análisis Comparativo Propiedades Físicas Mecánicas Pino Oregon y Pino Radiata

En el Cuadro N° 15 se resumen las tensiones admisibles en flexión, módulo de elasticidad en flexión, tracción, compresión paralela, compresión normal e índice de aplastamiento en compresión normal de las maderas de pino oregon y pino radiata.

Cuadro N° 15
TENSIONES ADMISIBLES DE LA MADERA ASERRADA DE PINO OREGÓN V/S PINO RADIATA

Grado Estructural		Tensiones Admisibles (MPa)					Módulo de Elasticidad en Flexión Ef (Mpa)	Rigidez en Compresión Normal Kc,90 (Mpa/mm)
		Flexión	Compresión Paralela	Tracción Paralela	Compresión Normal	Cizalle		
		Ff	Fc	Ftp	Fcn	Fcz		
GS	Po	14,3	11,1	8,5	3,8	1,1	12.443	3,72
	Pr	11,0	8,5	6,0	2,5	1,1	10.500	
G1	Po	10,8	11,1	6,2	3,8	0,8	10.229	5,65 según norma
	Pr	7,5	7,5	5,0	2,5	1,1	10.000	
G2	Po	8,2	10,5	4,4	3,8	0,6	8.965	
	Pr	5,4	6,5	4,0	2,5	1,1	8.900	

Po pino oregon Pr pino radiata

Para el mercado chileno, las propiedades mecánicas de la madera de pino oregon, en general, superan las señaladas en la NCh 1198 para la madera de pino radiata. Se destaca un notorio aumento en la resistencia en flexión en los grados GS (30%), G1 (44%) y G2 (52%). Por otro lado, el módulo de elasticidad en flexión del pino oregon, grado GS, registra un aumento importante respecto de pino radiata, en torno al 18,5%.

En el Cuadro N° 16 se comparan las densidades normales y anhidras obtenidas con la ejecución de este estudio (NCh 3028/2) y las mencionadas para la misma especie en NCh 1198.

Se observa que las densidades determinadas son similares a las presentadas en la norma vigente y solo se presentan diferencias en torno a un 10% superiores para los valores de densidad característicos. Similar comportamiento se observa al comparar con el pino radiata, donde la mayor variación se presenta para la densidad anhidra promedio (7% superior respecto de pino oregon).

Cuadro N° 16
DENSIDADES NORMALES Y ANHIDRAS PINO OREGON Y PINO RADIATA

Descripción	Este Estudio		NCh 1198 Pino oregón		NCh 1198 Pino radiata	
	Normal	Anhidra	Normal	Anhidra	Normal	Anhidra
Promedio (Kg/m³)	464	421	441	410	476	450
Característico (Kg/m³)	394	365	350	326	391	370

6. CONCLUSIONES

La norma NCh 1207 permite clasificar de manera efectiva los distintos grados estructurales visuales existentes para el pino oregon, además de las otras especies coníferas que ella menciona. Esto se evidencia en la distribución de datos de los gráficos de frecuencias acumuladas para cada propiedad mecánica expuestas en este estudio.

Al comparar las propiedades físicas y mecánicas de los grados estructurales visuales de pino oregon y pino radiata, en general las del pino oregon son superiores. Por esta razón, el pino oregon es una alternativa válida para ser utilizada en construcciones.

Los resultados de resistencia y rigidez obtenidos para la madera aserrada de pino oregon dan cumplimiento a las exigencias de las propiedades mecánicas de algunos grados definidos en la norma europea y australiana.

7. REFERENCIAS

AS/NZS, 2010., 2010. AS/NZS 4063/2. Characterization of Structural Timber. Part 2: Determination of Characteristic values. Australian/New Zealand Standard (AS/NZS).

CEN, 2010. EN 338 2010: Madera Estructural – Clases Resistentes. Comité Europeo de Normalización (CEN)

CEN, 2016. EN 384 2016: Madera Estructural - Determinación de los valores catacterísticos de las propiedades mecánicas y de la densidad. Comité Europeo de Normalización (CEN).

INFOR, 2018. Anuario Forestal 2018. Instituto Forestal, Chile. Boletín Estadístico N° 163.

INN, 1986. NCh 172/2. Mod. 1988. Madera Parte 2. Determinación de la Densidad

INN, 2005. NCh 1207. Pino radiata – Clasificación Visual para Uso Estructural – Especificaciones de los Grados de Calidad. Instituto Nacional de Normalización, Chile.

INN, 2006. NCh 3028/1. Madera Estructural – Determinación de propiedades físicas y mecánicas de la madera clasificada por su resistencia – Parte 1: Métodos de ensayo en tamaño estructural. Instituto Nacional de Normalización, Chile.

INN, 2006a. 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.

INN, 2014. NCh 1198. Madera – Construcciones en Madera – Cálculo. Instituto Nacional de Normalización, Chile.



INFOR

www.infor.cl