



# RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA DEL PINO PONDEROSA DE LA REGIÓN DE AYSÉN

INVESTIGACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS Y DESARROLLO  
INDUSTRIAL DEL PINO PONDEROSA DE LA REGIÓN DE AYSÉN

Financiado por el GORE AYSÉN, a través del Fondo de  
Innovación para la Competitividad (FIC)



## Aserrío y Clasificación

Se procesaron 5,85 m<sup>3</sup> de Pino ponderosa, equivalentes a 33 trozas con diámetros entre 18 y 30 cm, obteniendo escuadrías en 1" y 2" de espesor.

El cuadro siguiente registra la calidad y rendimientos asociados a la clasificación visual de la madera aserrada, considerando distintos tipos de normas y aplicaciones.



Norma de Clasificación	Uso	Porcentaje*	Calidad
WWPA	Revestimiento	38%	2Common
		34%	3Common
	Factory	60%	P99
		33%	SHOP3
NGR	Estructural	31%	#2
		25%	#3
NCh	Muebles	46%	M2
		32%	M1
		51%	RIP3
		29%	Rechazo
	Estructural	47%	G2
		23%	G1

\*: Mayor porcentaje de piezas de acuerdo a norma y uso

La madera aserrada tiene buena apariencia, pocos bolsillos de resina y corteza, baja presencia de pecas y ausencia de grietas naturales. La albura es de color crema y la tonalidad entre las piezas es uniforme. Presenta fibra recta y una distancia promedio entre nudos de 400 a 500 mm.



## Secado

La madera de Pino ponderosa de 25 a 50 mm de espesor se seca satisfactoriamente con programas de secado convencional acelerado (90°/60°) y convencional (70°/60°) respectivamente.

El secado convencional reduce los problemas de cambio de color, pero extiende la duración del proceso. Las contracciones transversales son bajas (1,5% a 2,0%), favoreciendo la estabilidad dimensional y la escasa propensión a acanaladura.

Las grietas internas, superficiales y en los extremos no afectan la calidad de la madera secada con programas convencional y convencional acelerado.

## Propiedades Físico-Mecánicas

Propiedad		Unidad	Estado Seco	Estado Verde*
Ensayo	Determinación			
FLEXIÓN	MOR	kPa	45.611 <sup>a</sup>	23.147
	MOE	MPa	3.795 <sup>a</sup>	3.157
	Contenido de humedad	%	11	218
	Densidad aparente	g/cm <sup>3</sup>	0,4	0,33
COMPRESIÓN	Paralela	kPa	24.187 <sup>a</sup>	10.014
	Contenido de humedad	%	11	214
	Densidad aparente	g/cm <sup>3</sup>	0,33	0,33
	Perpendicular	kPa	3.108	2.795
	Contenido de humedad	%	12	176
	Densidad aparente	g/cm <sup>3</sup>	0,41	0,35
CIZALLE PARALELO Tensión máxima	Radial	kPa	6.455 <sup>a</sup>	3.275
	Contenido de humedad	%	11	236
	Densidad aparente	g/cm <sup>3</sup>	0,4	0,3
	Tangencial	kPa	9.061	4.376
	Contenido de humedad	%	12	202
	Densidad aparente	g/cm <sup>3</sup>	0,44	0,33
DUREZA	Paralelo	N	2.730	1.193
	Perpendicular	N	1.669	1.022
	Contenido de humedad	%	12	196
	Densidad aparente	g/cm <sup>3</sup>	0,39	0,33
CLIVAJE Resistencia máxima	Radial	N/mm	20,57	17,67
	Contenido de humedad	%	12	197
	Densidad aparente	g/cm <sup>3</sup>	0,37	0,34
	Tangencial	N/mm	27,27 <sup>a</sup>	19,15
	Contenido de humedad	%	11	197
	Densidad aparente	g/cm <sup>3</sup>	0,42	0,34
TRACCIÓN NORMAL Tensión máxima	Radial	kPa	1.119	840
	Contenido de humedad	%	11	120
	Densidad aparente	g/cm <sup>3</sup>	0,41	0,35
	Tangencial	kPa	2.076	1.016
	Contenido de humedad	%	11	169
	Densidad aparente	g/cm <sup>3</sup>	0,4	0,38
EXTRACCIÓN DE CLAVO Carga máxima	Paralelo	kN	0,096 <sup>a</sup>	0,098
	Perpendicular	kN	0,153 <sup>a</sup>	0,177
	Contenido de humedad	%	10	206
	Densidad aparente	g/cm <sup>3</sup>	0,4	0,34

<sup>a</sup> : Valor ajustado al 12% C.H. (Wood Handbook, 2010)

MOE : Módulo de Elasticidad



El Pino ponderosa que crece en la Región de Aysén presenta algunas propiedades inferiores a su homólogo norteamericano, sin embargo, el cizalle paralelo, la dureza en estado seco, y la compresión perpendicular en estado verde, presentan propiedades superiores.

Propiedad		Unidad	Estado Seco		Estado Verde	
Ensayo	Determinación		Chile	EE.UU.	Chile	EE.UU.
FLEXION	MOR	kPa	49.182	65.000	23.147	35.000
	MOE	MPa	3.873	6.900	3.157	6.900
COMPRESION	Paralela	kPa	26.678	36.700 <sup>a</sup>	10.014	16.900
	Perpendicular	MPa	3.108	4.000	2.795	1.900
CIZALLE PARALELO	Radial	kPa	8.011 <sup>a</sup>	7.800 <sup>a</sup>	3.826 <sup>a</sup>	4.800 <sup>a</sup>
	Tangencial	MPa				
DUREZA	Paralela	N	2.199 <sup>a</sup>	2.000 <sup>a</sup>	1.094 <sup>a</sup>	1.400 <sup>a</sup>
	Perpendicular	N				

<sup>a</sup> : Valores promedio entre los planos radiales y tangenciales

## Durabilidad

El cuadro siguiente resume los resultados obtenidos del estudio de durabilidad natural de la madera.

Madera	Tipo de hongo	Hongo	Clasificación de la durabilidad natural			
			Findlay (1962)		ASTM D2017 (1985)	NCh 789/1 (1987)*
			Categoría	Tiempo		
Albura	Putridión café	G.T.	No durable	5 años	No resistente	N/A
		P.P.	No durable	5 años	Moderadamente durable	N/A
	Putridión blanca	T.V.	Poco durable	5-10 años	Resistente	N/A
		P.O.	Poco durable	5-10 años	Resistente	N/A
Duramen	Putridión café	G.T.	No durable	5 años	Moderadamente durable	No durable
		P.P.	No durable	5 años	Moderadamente durable	No durable
	Putridión blanca	T.V.	Moderadamente durable	5-10 años	Altamente durable	Moderadamente durable
		P.O.	Moderadamente durable	5-10 años	Altamente durable	Moderadamente durable

\* Sólo para madera de duramen. Basado en las categorías determinadas por Findlay

- G.T. : Gloeophyllum trabeum (Pers. ex Fr.)  
 P.P. : Postia placenta (Fries) M. Larsen et Lombard  
 T.V. : Trametes versicolor (L. ex Fr.) Pilát  
 P.O. : Pleurotus ostreatus (Jacq. ex Fr.) Kummer  
 N/A : No aplica

Los hongos de pudrición café fueron los más agresivos con la madera de Pino ponderosa, destacándose el hongo G.T.



El duramen de Pino ponderosa califica como “No durable” (NCh789/1), condición que obliga a impregnar la madera para aplicaciones estructurales.

### **Impregnación**



El estudio se efectuó según NCh819, considerando CCA-C y un nivel de riesgo R3 (retención de 4 kg óx./m<sup>3</sup>, penetraciones de 100% en albura y 3 mm en duramen).

La albura es fácil de impregnar. Una solución con concentración de 1,31% permite una retención promedio de 4,48 kg óx./m<sup>3</sup> y una penetración del 100%.

La madera de duramen es poco permeable. Una solución con una concentración de 3,0% permite una retención promedio de 5,10 kg óx./m<sup>3</sup> y una penetración del 100%.

Madera de albura y duramen con un contenido de humedad cercano al 10% registran absorciones de 725 y 283,3 Lt/m<sup>3</sup>, respectivamente.

### **Curvado de madera sólida vaporizada**

La madera de Pino ponderosa se deja curvar satisfactoriamente bajo distintas condiciones de operación, presentando un bajo nivel de grietas, sin embargo, es propensa a la generación de pliegues, los cuales se pueden atenuar mediante un lijado.



El factor predominante en la calidad del curvado del Pino ponderosa es la relación “radio de curvatura-espesor”. A mayor radio de curvatura y a menor espesor de la pieza de madera, disminuye la presencia de grietas y pliegues.

### **Conclusión**

Los estudios tecnológicos permitieron identificar algunos parámetros de procesamiento de la madera de Pino ponderosa de la Región de Aysén. Como productos potenciales se destacan los revestimientos, muebles, puertas, molduras y estructuras ligeras.

Nota: Mayor información de los estudios tecnológicos están disponibles en el Informe Técnico del proyecto.

## EQUIPO DE TRABAJO

Instituto Forestal

- \* Iván Moya N.
- \* Víctor Barrera B.
- \* Patricio Elgueta M.
- \* Raúl Campos P.
- \* Bernardo Acuña A.
- \* Exequiel Díaz V.
- \* Gonzalo Hernández C.



Para mayor información, contactar a Victor Barrera (vbarrera@infor.cl)

## APOYO TECNOLÓGICO

- \* Renewable Resource Associates Inc.
- \* Universidad del Bío-Bío.
- \* Centro de Formación Técnica Lota-Arauco.

## AGRADECIMIENTOS

A CONAF Región de Aysén por el aporte de las trozas para el desarrollo de los estudios, provenientes de la Reserva Nacional Coyhaique



### Sedes Regionales

#### SEDE DIAGUITAS

Km. 5, costado Aeródromo La Florida  
Fonos/Fax (56-51) 543627  
La Serena

#### SEDE METROPOLITANA

Sucre 2397, Ñuñoa  
Casilla 3085  
Fono: (56-2) 3667100  
Fax: (56-2)3667131  
Santiago

#### SEDE BÍO BÍO

Camino a Coronel Km. 7,5  
Casilla 109-C  
Fono/Fax: (56-41) 2853260  
Concepción

#### SEDE VALDIVIA

Fundo Teja Norte s/n  
Casilla 385  
Fono: (56-63) 335200  
Fax: (56-63) 21 8968  
Valdivia

#### SEDE PATAGONIA

Camino Coyhaique Alto Km. 4,5  
Fono: (56-9) 8831860  
Coyhaique