

OPINIONES

Un criterio de selección y consideraciones de uso de la madera en construcción

Selection Criteria and Suggestions for the Use of Lumber as Building Material

C.D.O.: 833: 851

HECTOR R. CUEVAS D.

Instituto de Tecnología de Productos Forestales, Universidad Austral de Chile, Casilla 853, Valdivia, Chile.

SUMMARY

A method to select types of lumber suitable as building material in Chile, is presented. The selection procedure is based upon: dimensional stability, natural durability and surface behavior. Suggested theoretical moisture content and construction precautions are presented. General recommendations for using lumber as building material are also stated.

RESUMEN

Se presenta una forma de selección de las especies comerciales disponibles en Chile para su uso como material de construcción, en base a una valoración de la estabilidad dimensional, la durabilidad natural y el comportamiento de su superficie. Se hacen referencias especiales a la humedad teórica de uso y a las precauciones constructivas que deben considerarse. Finalmente se indican recomendaciones generales para el uso de la madera en construcción.

INTRODUCCION

El material MADERA se caracteriza por sus distintas propiedades -tanto físicas como mecánicas- y por su gran variedad de usos y combinaciones. Esto trae como consecuencia una dificultad en su selección, por cuanto para cada propósito hay una madera "adecuada". Una elección errónea conduce a problemas que son atribuidos generalmente a una mala construcción.

CARACTERIZACION DE PROPIEDADES IMPORTANTES PARA SU USO EN EXTERIORES

Una forma de selección de las maderas, respecto a su aptitud para su uso en exteriores, puede ser el resultado de una comparación de sus cualidades, especialmente de aquellas que digan relación con las exigencias que deban cumplir para su uso a la intemperie.

Para una comparación semejante es conveniente primero ordenar las especies madereras según su peso seco (densidad aparente [g/cm^3]

con un contenido de humedad = 12%) para después efectuar un agrupamiento por rangos de densidad aparente.

Suponiendo un agrupamiento con rangos de $0.15 \text{ g}/\text{cm}^3$ es posible obtener 5 grupos:

ML	- Muy livianas		$D \leq 0.50 \text{ g}/\text{cm}^3$
L	- Livianas	$0.50 <$	$D \leq 0.65 \text{ g}/\text{cm}^3$
SP	- Semi-pesadas	$0.65 <$	$D \leq 0.80 \text{ g}/\text{cm}^3$
P	- Pesadas	$0.80 <$	$D \leq 0.95 \text{ g}/\text{cm}^3$
MP	- Muy pesadas		$D > 0.95 \text{ g}/\text{cm}^3$

Esta agrupación por peso es un índice para una clasificación ya que las características de resistencias mecánicas se ven influenciadas, principalmente, por el peso de la especie respectiva. Los límites cada $0.15 \text{ g}/\text{cm}^3$ son empíricos, ellos corresponden a una división en 5 partes, determinados en base a los márgenes de peso de las maderas comerciales que crecen en Chile.

Dentro de estas agrupaciones, las especies madereras pueden valorarse con ayuda de un sistema de puntaje según las propiedades más importantes de este uso (estabilidad dimensional,

CUADRO 1

Valorización de las propiedades básicas de algunas especies madereras comerciales para su uso en exteriores

Basic properties values of some commercial species for exterior use

Categoría	Especie	Estabilidad dimensional	Durabil. natural	Superf.	Suma
Class	Type of lumber	Dimensional stability	Natural durability	Surface	Sum
Muy livianas $D_{12} < 0.50$	Alamo	X X X	X	-	4
	<i>Populus nigra</i>				
Livianas $0.50 < D_{12} \leq 0.65$	Avellano	X X X	X	X	5
	<i>Guevuina avellana</i>				
	Alerce	x x x x	X X X (X)	X	(9)
	<i>Fitzroya cupressoides</i>				
	Canelo	X X X	X X	X	7
	<i>Drimys winteri</i>				
	Ciprés de la C.	X X X	X X X	X	7
	<i>Austrocedrus chilensis</i>				
	Laurel	X X X	X X	X	6
	<i>Laurelia sempervirens</i>				
	Lenga	X X X	X X	X	7
	<i>Nothofagus pumilio</i>				
	Lingue	X X X	X X X (X)	X	(8)
	<i>Persea lingue</i>				
	Mañío	X X X	X X	X	6
	<i>Podocarpus sp.</i>				
	Olivillo	X X	X	X	4
	<i>Aextoxicon punctatum</i>				
	Pino insigne	X X X	x + x	X	6
<i>Pinus radiata</i>					
Pino oregón	X X	X	-	3	
<i>Pseudotsuga menziesii</i>					
Raulí	X X X	X X X (X)	X	(8)	
<i>Nothofagus alpina</i>					
Tepa	X X	x + x	X	5	
<i>Laurelia philippiana</i>					
Semi-pesadas $0.65 < D_{12} \leq 0.80$	Araucaria	X (X)	X	X	(4)
	<i>Araucaria araucana</i>				
	Coigüe	X (X)	X X X	X	(6)
	<i>Nothofagus dombeyi</i>				
	Roble	X	X X X (X)	X	(6)
	<i>Nothofagus obliqua</i>				
	Tineo	X (X)	X X X	X	(6)
	<i>Weinmannia trichosperma</i>				
Pesadas $0.80 < D_{12} < 0.95$	Ulmo	X X	X X X	X	6
	<i>Eucryphia cordifolia</i>				
	Algarrobo	XXXX	X	X	6
	<i>Prosopis chilensis</i>				
Muy Pesadas $D_{12} > 0.95$	Eucalipto	X (X)	X X	X	(5)
	<i>Eucalyptus sp.</i>				
	Luma	X	X X	X	4
<i>Amomyrtus luma</i>					
Tamarugo	X X X	X	X	5	
<i>Prosopis tamarugo</i>					

resistencia natural al ataque de hongos, comportamiento de su superficie).

En el cuadro 1 está indicada, en primer lugar, la estabilidad dimensional (también llamada "juego de la madera"), que caracteriza a la madera por su comportamiento ante cambios de humedad. En esto los posibles cambios de forma y masa dependen principalmente de los valores de hinchamiento y contracción, los que pueden ser mucho mayores para maderas pesadas que para especies livianas que se ven ligeramente influenciadas. La dirección de las fibras tiene un significado especial en los valores de contracción e hinchamiento.

El significado de la estabilidad dimensional tiene especial importancia en construcciones de marcos de puertas o ventanas, hojas de ventanas, pavimentos y revestimientos en general.

Maderas muy estables dimensionalmente, por ejemplo alerce y algarrobo, obtienen un valor para el juego de madera de 4 puntos, por el contrario, a maderas muy poco estables, como roble y luma, se les asigna solamente 1 punto.

Maderas que tienen una fuerte influencia en su estabilidad dimensional por factores de crecimiento, como por ejemplo el eucalipto que se ve influenciado por un crecimiento espiralado, se les asigna una X adicional entre paréntesis (X(X)).

Una segunda valoración importante resulta de la resistencia natural al ataque de hongos. No obstante esta característica puede ser muy diferente de especie a especie, es posible incluirla en el sistema de puntaje tomando en cuenta situaciones especiales de uso. En esta forma de selección no interesa "cuan mala" sea, sino, ante todo, las "aplicaciones satisfactorias" (XXX = 3 puntos). En esta categoría se encuentran, entre otras especies, alerce y raulí.

Una problemática específica significa la valoración de la resistencia natural de maderas que serán trabajadas con albura como pino insigne y tepa. En estos casos es necesario suponer que serán protegidas con un preservante, y así, valorarlas con un punto adicional (+ X). Además para especies como raulí y roble, que pueden tener una clara diferenciación de esta resistencia en el duramen, el último punto se indica entre paréntesis (XXX(X)).

La tercera columna dice relación con el comportamiento de la superficie; ella puede, como la resistencia natural a los hongos, repercutir en forma especial en exteriores. Aunque la valoración de la superficie es negativa solamente para pocas

especies, son fuertes el afloramiento de resinas y el decolorado, motivo de numerosos reclamos. Esto puede, sin embargo, mejorarse mediante un cuidadoso secado y almacenado que permita una considerable reducción de la resina y disminuya su afloramiento.

El comportamiento positivo de la superficie está indicado en el cuadro con un punto para cada especie.

CLIMA Y HUMEDAD DE EQUILIBRIO DE LA MADERA

La madera es un material que absorbe o entrega agua según sean las condiciones de temperatura y humedad relativa de ambiente. Esta propiedad hace que el contenido de humedad de la madera sea variable, dependiendo del ambiente en que se encuentre.

Al iniciarse un proceso de pérdida de humedad la madera entrega al ambiente el agua libre contenida en sus cavidades, hasta alcanzar un punto denominado "Punto de saturación de las fibras" (P.S.F.), que corresponde a un estado en el cual se ha eliminado toda el agua libre y las paredes celulares permanecen saturadas.

El P.S.F. es variable para las distintas especies, sin embargo se acepta como promedio para las maderas en general un 28%. Al continuar el proceso de evaporización la madera cede el agua contenida en sus paredes celulares hasta alcanzar un punto en el cual el proceso de detiene. Este punto se conoce como "Humedad de Equilibrio" y depende fundamentalmente de la especie, la temperatura y la humedad relativa del ambiente.

A manera de ejemplo, la figura 1 muestra los valores mensuales promedio de humedad relativa del aire y temperatura en la ciudad de Valdivia, y en la figura 2 las humedades de equilibrio que en este clima alcanzan algunas especies.

HUMEDAD TEORICA DE USO

Debido a que la humedad de la madera depende del clima ambiental, es necesario considerar a éste como un elemento importante en el uso de la madera.

La madera y los productos de madera deben trabajarse e instalarse con el contenido de humedad que se espera alcancen un promedio en uso. Este es el principio básico para minimizar las dificultades que producen los cambios dimensionales de la madera.

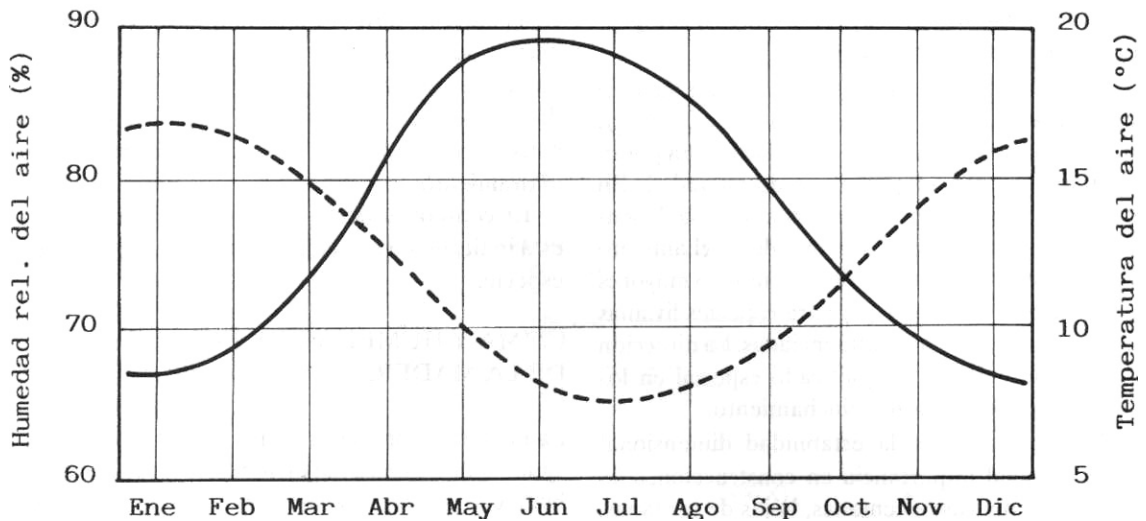


Fig 1: Valores promedio de humedad relativa y temperatura del aire en Valdivia (año normal).
Fuente: Inst. Geociencias UACH.

Relative humidity and air temperature averages in Valdivia (normal year).

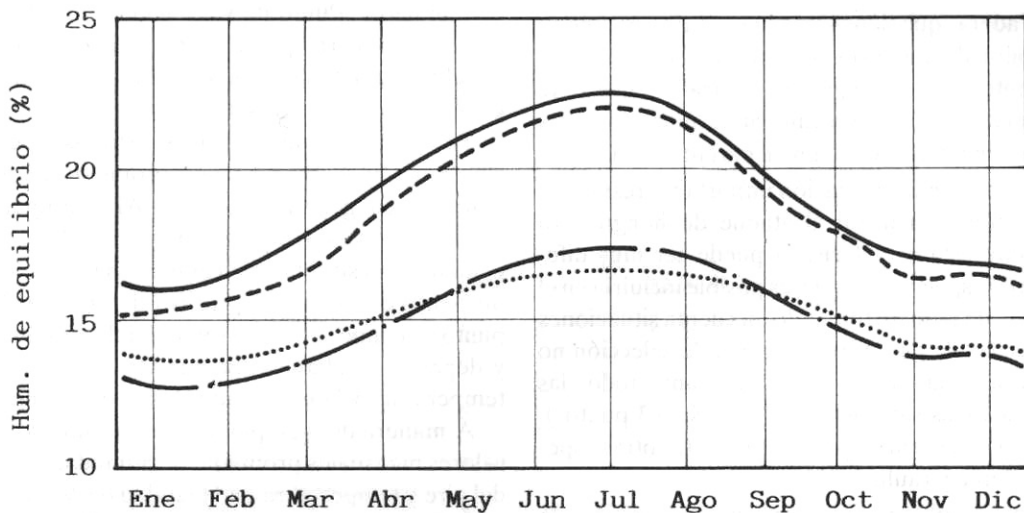


Fig. 2: Humedades de equilibrio para Pino insigne, Olivillo, Coigüe y Alerce en Valdivia.
Fuente: Pérez, V. (1983).

Equilibrium moisture content for *Pinus radiala*, *Aextoxicon punctatum*, *Nothofagus dombeyi* and *Fitzroya cupressoides* in Valdivia.

La medición del contenido de humedad, entre 5 y 25%, puede hacerse, en la práctica, relativamente fácil mediante el uso de un xilohigrómetro eléctrico. No obstante es necesario tomar algunas precauciones, por cuanto la resistencia eléctrica de la madera no es igual para todas las especies. Esta precaución consiste en una calibración del instrumento o recurrir al empleo de tablas de corrección. En situaciones especiales, o cuando es necesario

determinar valores con gran exactitud, se debe recurrir al método de secado en estufa y efectuar el cálculo por diferencia de peso.

Construir con madera muy húmeda frecuentemente produce problemas. A manera de ejemplo: tablas de piso instaladas muy húmedas disminuirán su contenido de humedad en presencia de calefacción, originándose separaciones entre tablas. Análogamente, un revestimiento

exterior colocado muy seco se hinchará en épocas del año con alta humedad relativa, produciéndose un "reventado" del forro.

CONSIDERACIONES CONSTRUCTIVAS DE LOS CAMBIOS DIMENSIONALES

Aun cuando la madera se instale en obras con un contenido de humedad correcto pueden presentarse hinchamiento y/o contracciones motivadas por las oscilaciones de los cambios de clima. Estos cambios dimensionales deben ser evaluados y

considerados en el diseño constructivo, previo un análisis del ambiente en el cual prestarán servicio, por ejemplo: enmaderaciones de cubierta, revestimientos exteriores, entrepaños de puertas, etc. El cálculo estimado puede efectuarse con ayuda de los antecedentes sobre variaciones porcentuales de variación dimensional de las especies.

El parámetro $q = \frac{d}{h}$ puede ser aplicado en el rango de contenido de humedad entre 5 y 20%, puesto que en ese rango existe una relación lineal de dependencias entre la variación dimensional (d) y la humedad de la madera (h).

CUADRO 2

Variaciones dimensionales de algunas especies por cada 1% de cambio en su contenido de humedad bajo el PSF

Dimensional change for 1% variation in moisture content below f.s.p.

Especie (*)	Tangencial	radial	promedio a las fibras	anisotropia tangencial radial
type of lumber	tangential	radial	average to grain	anisotropy tg/rd
	(%)	(%)	(%)	(%)
Alamo	0.29	0.12	0.20	2.4
Alerce	0.17	0.08	0.13	2.1
Algarrobo	0.13	0.08	0.10	1.6
Araucaria	0.40	0.21	0.30	1.9
Avellano	0.25	0.14	0.19	1.8
Canelo	0.31	0.11	0.21	2.8
Ciprés de la C.	0.23	0.14	0.18	1.6
Coigüe	0.39	0.15	0.27	2.6
Eucalipto	0.42	0.23	0.32	1.8
Laurel	0.28	0.12	0.20	2.3
Lenga	0.34	0.15	0.24	2.3
Lingue	0.29	0.13	0.21	2.2
Luma	0.41	0.23	0.32	1.8
Mañío	0.24	0.13	0.18	1.8
Olivillo	0.32	0.14	0.23	2.3
Pino Insigne	0.25	0.15	0.20	1.7
Pino Oregón	0.33	0.20	0.26	1.6
Raulí	0.28	0.16	0.22	1.7
Roble	0.36	0.21	0.28	1.7
Tamarugo	0.23	0.14	0.18	1.6
Tepa	0.33	0.14	0.23	2.4
Tineo	0.48	0.16	0.32	3.0
Ulmo	0.35	0.14	0.24	2.5

(*) Corresponden a las mismas especies del cuadro 1.

El parámetro q tiene en la literatura especializada, desgraciadamente, distintas denominaciones como: coeficiente de hinchamiento, hinchamiento diferencial, gradiente de hinchamiento, hinchamiento proporcional, hinchamiento específico, etc.

Según DIN 52184 "Pruebas de madera, Ensayo de Hinchamiento y Contracción", es recomendable utilizar una denominación uniforme que excluya equivocaciones, así, "la variación dimensional por cada 1% de cambio en el contenido de humedad" puede ser fácilmente utilizada para estimar dimensiones máximas y mínimas de secciones de elementos constructivos de madera.

En el cuadro 2 se entregan valores porcentuales aproximados de cambios dimensionales en sentido radial y tangencial para algunas especies. Además, y en atención a que en el uso práctico no siempre las piezas son netamente radiales o tangenciales, se incluye un valor promedio como referencia general en sentido perpendicular a las fibras.

Nuevos aportes en el conocimiento de las maderas permitirán, a futuro, completar y corregir los valores tabulados.

RECOMENDACIONES GENERALES

El hinchamiento y la contracción de la madera son considerados, para muchos campos de aplicación, como una desventaja. Esta aparente desventaja no puede constituir un detrimento cuando se consideran las condiciones básicas para un uso adecuado:

- * Utilizar la madera con el contenido de humedad que se espera sea su humedad de equilibrio promedio en su ambiente de uso.
- * Calcular lo más exacto posible los probables cambios de dimensión que experimentará en uso (cuadro 2) y considerarlos en el diseño constructivo.
- * Tener un especial cuidado en la protección de las cabezas y los bordes de las piezas de madera que se utilicen en exteriores.

- * Seleccionar cuidadosamente la especie maderera adecuada para cada uso y exigencia.

Las características y propiedades de las distintas especies son muy diferentes y una buena selección permite superar posibles problemas.

BIBLIOGRAFIA

- BLUHM, E.; ROSENDE, R; MELO, R. 1969. "Durabilidad natural de las principales especies de madera producidas en Chile. Resultados después de cinco años de exposición en terreno", *In: Actas de la Reunión sobre Investigaciones en Productos Forestales*. Ins. Forestal, Santiago, Chile, pp. 89-95.
- BRAGAR, A.- 1960. *Estudio de algunas propiedades físico-mecánicas del coigüe, raulí, roble y encina*. Tesis Construcción Civil. Santiago, Chile, Universidad de Chile, 55 pp.
- CUEVAS, E.; FRANCO, J. 1968. "Determinación de valores de contracción en algunas maderas de importancia comercial". *In: Actas de las Terceras Jornadas Forestales*. Valdivia, Chile, pp. 95-98.
- CUEVAS, E.; DONOSO, J. 1967. "Algunas propiedades del Coigüe (*Nothofagus dombeyi*) y Tapa (*Laurelia philippiana*)". *In: Actas de las Terceras Jornadas Forestales*. Santiago, Chile, Instituto Forestal, pp. 89-95.
- CUEVAS, E.; ULLOA, J. 1967. "Durabilidad natural de maderas de Coigüe (*Nothofagus dombeyi*) y Tapa (*Laurelia philippiana*)". *In: Actas de las Terceras Jornadas Forestales*. Santiago, Chile, Instituto Forestal, pp. 86-89.
- DONOSO, J. E.; NAVARRETE, R. 1969. "Determinación de las propiedades mecánicas de algunas maderas de importancia comercial en Chile". *In: Actas de la Reunión sobre Investigaciones en Productos Forestales*. Santiago, Chile, Instituto Forestal, pp. 226-245.
- INZUNZA, L. 1973. *Determinación de las contracciones de las especies de mayor importancia comercial en Chile*. Valdivia, Chile, Universidad Austral de Chile, Fac. Ing. Forestal, 39 pp.
- JUACIDA, R. 1979. *Untersuchungen über die anatomische Struktur, natürliche Dauerhaftigkeit und Imprägnierbarkeit von vier chilenischen Laubhölzern*. Dissertation Fachbereichs Biologie der Universität Hamburg, 112 pp.
- ORTIZ, C; CUEVAS, J.E. 1964. "Durabilidad natural de maderas y productos derivados frente al ataque de agentes biológicos de destrucción". *In: Actas de la Reunión sobre Investigaciones en Productos Forestales*. Santiago, Chile, Instituto Forestal, pp. 122-126.
- PEREZ, V. 1983. *Manual de propiedades físicas y mecánicas de maderas chilenas*. Santiago, Chile. Documento de trabajo N° 47 CONAF/PNUD/FAO, Santiago, 451 pp.