

20 DEC 1983



0006113

INFORME TECNICO N°96

c.1

PROPIEDADES MECANICAS Y ASOCIADAS DE LA TEPA
(Laurelia philippiana LOOSER)

BIBLIOTECA
INSTITUTO FORESTAL



INFOR

instituto forestal



CHILE

- 1983 -

PROPIEDADES MECANICAS Y ASOCIADAS
DE LA TEPA
(*Laurelia philippiana* LOOSER)

Autores :

VICENTE A. PEREZ GALAZ
HECTOR HIDALGO SAAVEDRA

INSCRIPCION Nº 57.942

División Industrias
INSTITUTO FORESTAL
1982



R E S U M E N

Este informe presenta la investigación que el INSTITUTO FORESTAL - realizó para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la Tepa (*Laurelia philippiana* LOOSER) crecida en Chile.

Las propiedades mecánicas de 17 árboles provenientes de Llanquihue , Osorno y Valdivia (12) y de Chiloé (7), comprenden los ensayos de: flexión, compresión paralela, compresión normal, cizalle tangencial y radial, clivaje tangencial y radial, tracción normal tangencial y radial, dureza y extracción de clavo.

Conjuntamente con las propiedades mecánicas referidas, se determinaron los pesos específicos y los contenidos de humedad asociados con las diferentes probetas de ensayos.

La parte inicial de este informe se refiere a las fases seguidas en la investigación; luego se proporcionan los valores de las propiedades obtenidas en la zona continental (Llanquihue, Osorno y Valdivia) y en la zona insular (Chiloé), tanto en estado verde como en el seco al aire ($H \approx 12\%$). Se incluyen tablas en las cuales se comparan estos valores entre sí y con los de otras maderas crecidas en el territorio nacional.



INFOR

A B S T R A C T

This report presents the research being conducted at the Instituto Forestal concerning the properties of tepa (*Laurelia philippiana* LOOSER) grown in Chile.

The mechanical properties determined from various specimens taken from Llanquihue, Osorno, Valdiva and Chiloé are: bending, compression parallel to grain, compression perpendicular to grain, radial shear, tangential shear, radial cleavage, tangential cleavage, perpendicular, radial and tangential tension, hardness and nail withdrawal.

Specific gravities and moisture contents are determined for the individual test specimens.

The first part of this report gives a brief description of the various phases followed in the investigation. The second part includes tabulation of the test data. The last part summarizes the data, giving average values for each of the tests, and compares these average with other species.

The test been conducted with both green specimens and specimens at a moisture content of 12%.



INTRODUCCION

A partir de su creación, el INSTITUTO FORESTAL se ha estado preocupando de determinar las propiedades básicas de las diferentes especies madereras que crecen en Chile. Es así como bajo su auspicio se hizo un muestreo muy completo del Pino Insigne (*Pinus radiata* D. Don), se determinaron las propiedades mecánicas de la Lenga *Nothofagus pumilio* (POEPP ET.ENDL.), tanto de Aisén como de Magallanes del Pino Oregón (*Pseudotsuga menziesii*) extraído de Temuco y de Villarrica, y de otras variedades de especies exóticas provenientes de las diferentes parcelas experimentales que el propio Infor ha ido desarrollando.

Este informe contiene los valores de las propiedades resistentes de la Tapa (*Laurelia philippiana*) crecida en las localidades de Llanquihue, Osorno, Valdivia y Chiloé, en Estado Verde y Seco al aire (H = 12%).

La madera de la Tapa es fácil de trabajar y no se agrieta ni tuerce durante el secado. Al dar a conocer sus propiedades mecánicas se pretende promover su uso en el área de la construcción, especialmente en elementos estructurales, lo que en la actualidad no se verifica.



INFOR

MATERIAL UTILIZADO

El material utilizado se obtuvo de la IX y X Región, en las siguientes localidades :

Valdivia	: 3 árboles
Villarrica	: 5 árboles
Osorno	: 3 árboles
Pto.Varas	: 2 árboles
Lago Chapo	: 2 árboles
Chiloé	: 7 árboles

De esta manera se completaron 19 árboles distribuidos en dos zonas.

I. ZONA CONTINENTAL (Llanquihue, Osorno, Valdivia) = 12 árboles.

II. ZONA INSULAR (Chiloé) = 7 árboles.

Todos los árboles muestreados tenían un diámetro (DAP) superior a los 34 cm. y sus edades eran las señaladas en el Cuadro N°1, determinadas por el simple conteo de los anillos de crecimiento de cada troza.

De cada árbol se extrajo una troza de 2,40 metros de largo y de ella se obtuvieron 5 viguetas de 2" x 2" (5 x 5 cm) de sección transversal. La mitad de estas viguetas se destinó a la obtención de probetas a ser ensayadas en estado verde y la otra mitad, para probetas a ensayar en estado seco al aire (H = 12%).



CUADRO N° 1

EDAD DE LOS ARBOLES MUESTREADOS

TROZA	ORIGEN	EDAD APROXIMADA (años)
2	Valdivia	40
3	Valdivia	46
4	Valdivia	156
5	Villarrica	265
6	Villarrica	223
7	Osorno	215
8	Osorno	170
9	Osorno	160
10	Puerto Varas	156
11	Puerto Varas	204
12	Lago Chapo	130
13	Lago Chapo	171
14	Chiloé	154
15	Chiloé	141
16	Chiloé	177
17	Chiloé	246
18	Chiloé	150
19	Chiloé	177
20	Chiloé	158

DESARROLLO DE LA PARTE EXPERIMENTAL

Propiedades Estudiadas

De acuerdo a las prescripciones de las normas chilenas, las cuales están basadas en la norma ASTM D 143, se investigaron las siguientes propiedades: flexión estática, compresión paralela, compresión normal, dureza normal y paralela, cizalle paralelo, tangencial y radial, tracción normal a las fibras, tangencial y radial, extracción de clavo normal y paralelo, y clivaje tangencial y radial.

De cada una de las probetas se extrajeron muestras para determinar el contenido de humedad y el peso específico basado en :

- a) Peso y volumen de la madera en el momento del ensayo (D^{00})
- b) Peso seco al horno y volumen en el momento del ensayo (D^{50}) y
- c) Peso seco y volumen seco al horno (D^{55}).

Método de Ensayo

El método de ensayo usado se ajustó esencialmente a las prescripciones de las normas chilenas. Se tuvo especial cuidado en que la selección de los elementos se hiciese al azar, especialmente en lo que se refiere a la ubicación de las viguetas en las trozas, y a la elección de las probetas en las viguetas.

Una vez obtenidas las viguetas para las determinaciones y ensayos en el estado verde, se almacenaron en un depósito con agua hasta su procesamiento. Las viguetas destinadas al ensayo en estado seco al aire, permanecieron encastilladas hasta que se obtuvo el contenido de humedad apropiado para su procesamiento y posterior ensayo.

Equipo

Los ensayos se efectuaron en la máquina de ensayo AVERY (capacidad máxima 5.000 Kg) con que cuenta el INSTITUTO FORESTAL, a excepción del ensayo de compresión paralela que se realizó en las instalaciones del Instituto de Investigación y Ensayes de Materiales (IDIEM) de la Universidad de Chile.



Resultados

Los resultados obtenidos en los diferentes ensayos y determinaciones se encuentran detallados en las Tablas N°s. 1 a 11. La Tabla N°12 proporciona un resumen de las propiedades mecánicas obtenidas en los diferentes ensayos. En las Tablas N°s. 13 y 14 se incluyen los valores finales de la Tapa comparados con los de otras especies madereras de uso corriente. La Tabla N°13 para el Estado Verde y la Tabla N°14 para el Estado Seco al Aire ($H = 12\%$).

Cada una de las muestras, formada por los resultados de un determinado tipo de ensayo, fue sometida a la eliminación de valores extremos - improbables, de acuerdo a las indicaciones de la norma ASTM D 178-61 T.

Para cada una de las propiedades (x) estudiadas se calculó la media ($\bar{x}$) y la desviación estándar (S_x) de las "n" probetas correspondientes.

En todas las tablas se han incluido estos valores, a fin de destacar el comportamiento de la especie en lo que se refiere a la variabilidad de los datos, en cada uno de los ensayos.

Finalmente, se entrega en la Tabla N°15, los valores de las Tensiones Básicas de la Tapa, calculados en base a la norma Chilena -- NCH 970 c 72. El valor de la tensión básica corresponde a la tensión unitaria que puede soportar elásticamente y en forma permanente un elemento estructural ideal, libre de defectos o de otras características reductoras de su resistencia. Estos datos son de utilidad en el diseño de estructuras, pues sirven de base para determinar las tensiones admisibles que se podrán aplicar a la madera clasificada según los defectos que ella presenta.

Las tensiones básicas de la Tapa, que aparecen en la Tabla N°15 , se han deducido considerando la totalidad de los valores de resistencia - obtenidos en el estudio de ella, es decir, se han incluido las resistencias de muestras extraídas de las zonas continental e insular.

TABLA N° 1

ENSAYOS DE FLEXION

Especie: Tepa

ZONA	NUMERO DE ARBOLES	PROPIEDAD	UNIDAD	ESTADO VERDE			ESTADO SECO AL AIRE (H=12%)		
				Número de Probetas.	Media	Desviación estándar	Número de Probetas.	Media	Desviación estándar
I Continental (Llanquihue, Osorno, Valdivia)	12	H	%	22	112,6	24,2	22	12,3	0,53
	12	D ⁰⁰	Kg/m ³	22	887,0	96,3	22	531,0	59,9
	12	D ^{SO}	Kg/m ³	22	437,0	45,2	22	477,0	54,7
	12	D ^{SS}	Kg/m ³	22	542,0	62,8	22	506,0	60,6
	12	σ_f	Kg/cm ²	22	264,0	36,6	22	465,0	63,5
	12	R _f	Kg/cm ²	21	531,0	52,6	22	818,0	125,8
	12	E _f	Ton/cm ²	22	83,96	11,3	22	102,16	148,9
II Insular (Chiloé)	7	H	%	15	123,9	16,7	5	12,3	0,13
	7	D ⁰⁰	Kg/m ³	15	958,0	79,9	15	530,0	35,8
	7	D ^{SO}	Kg/m ³	15	428,0	30,8	15	478,0	31,9
	7	D ^{SS}	Kg/m ³	15	506,0	45,7	15	506,0	35,9
	7	σ_f	Kg/cm ²	15	246,0	22,8	15	466,0	91,0
	7	R _f	Kg/cm ²	14	512,0	31,0	15	751,0	98,0
	7	E _f	Ton/cm ²	15	78,88	9,3	15	91,96	14,2
I, II	19	H	%	37	112,0	23,4	27	12,3	0,48
	19	D ⁰⁰	Kg/m ³	37	915,0	95,7	37	531,0	51,0
	19	D ^{SO}	Kg/m ³	37	433,0	39,7	37	477,0	46,3
	19	D ^{SS}	Kg/m ³	37	527,0	58,5	37	506,0	51,4
	19	σ_f	Kg/cm ²	37	256,0	32,6	37	465,0	74,6
	19	R _f	Kg/cm ²	35	524,0	43,2	37	791,0	118,5
	19	E _f	Ton/cm ²	37	81,9	10,7	37	98,02	15,2

H = contenido de humedad, D⁰⁰ = Densidad calculada en base al peso y volumen originales ; D^{SO} = Densidad calculada en base al peso seco y volumen original; D^{SS} = Densidad calculada en base al peso y volumen seco; σ_f = Tensión en el límite de proporcionalidad ; R_f = Tensión de rotura; E_f = Módulo de elasticidad.

TABLA N° 2

ENSAYO DE COMPRESION PARALELA

ZONA	NUMERO DE ARBOLES	PROPIEDAD	UNIDAD	ESTADO VERDE			ESTADO SECO AL AIRE (H = 12%)		
				Número de Probetas.	Media	Desviación estándar	Número de Probetas.	Media	Desviación estándar
I Continental (Llanquihue, Osorno, Valdivia)	12	H	%	22	122,5	25,2	22	12,0	0,16
	12	D ⁰⁰	Kg/m ³	22	947,0	65,4	22	544,0	59,1
	12	D ^{SO}	Kg/m ³	22	428,0	39,3	22	489,0	52,7
	12	D ^{SS}	Kg/m ³	22	516,0	59,0	22	517,0	58,3
	12	σ _C	Kg/cm ²	22	175,0	23,3	22	279,0	38,9
	12	R _C	Kg/cm ²	22	219,0	21,9	22	423,0	48,0
	12	E _C	Ton/cm ²	22	87,80	23,5	22	104,22	158,6
II Insular (Chiloé)	7	H	%	15	113,6	22,4	15	12,0	0,18
	7	D ⁰⁰	Kg/m ³	15	899,0	96,2	15	533,0	36,3
	7	D ^{SO}	Kg/m ³	15	421,0	18,2	15	478,0	33,7
	7	D ^{SS}	Kg/m ³	15	483,0	23,1	15	506,0	37,1
	7	σ _C	Kg/cm ²	15	142,0	18,3	15	257,0	49,2
	7	R _C	Kg/cm ²	15	207,0	17,2	15	407,0	41,2
	7	E _C	Ton/cm ²	15	82,11	10,7	15	95,75	18,0
I, II	19	H	%	37	118,9	24,2	37	12,0	0,17
	19	D ⁰⁰	Kg/m ³	37	927,0	81,6	37	540,0	50,8
	19	D ^{SO}	Kg/m ³	37	425,0	32,3	37	484,0	45,8
	19	D ^{SS}	Kg/m ³	37	503,0	50,1	37	512,0	50,4
	19	σ _C	Kg/cm ²	37	162,0	26,6	37	270,0	44,1
	19	R _C	Kg/cm ²	37	214,0	20,9	37	417,0	45,4
	19	E _C	Ton/cm ²	37	85,49	19,3	37	100,78	17,0

H, D⁰⁰, D^{SO} y D^{SS} idem Tabla I.

σ_C = Tensión en el límite de proporcionalidad.

R_C = Tensión de rotura.

E_C = módulo de elasticidad.

TABLA N° 3

ENSAYO DE COMPRESION NORMAL

ZONA	NUMERO DE ARBOLES	PROPIEDAD	UNIDAD	ESTADO VERDE			ESTADO SECO AL AIRE (H=12%)		
				Número de Probetas	Media	Desviación estándar	Número de Probetas	Media	Desviación estándar
I Continental (Llanquihue, Osorno, Valdivia)	12	H	%	22	102,4	21,1	22	11,8	0,26
	12	D ^{oo}	Kg/m ³	22	906,0	54,0	22	599,0	71,4
	12	D ^{so}	Kg/m ³	22	444,0	32,9	22	539,0	63,8
	12	D ^{ss}	Kg/m ³	22	520,0	47,7	22	567,0	68,1
	12	σ _{cn}	Kg/cm ²	22	40,0	5,8	22	67,0	12,2
	12	R _{cn}	Kg/cm ²	22	85,0	16,0	22	142,0	29,2
	12								
II Insular (Chiloé)	7	H	%	16	115,4	20,3	15	12,2	0,12
	7	D ^{oo}	Kg/m ³	16	939,0	71,8	15	536,0	33,1
	7	D ^{so}	Kg/m ³	16	436,0	22,3	15	480,0	30,4
	7	D ^{ss}	Kg/m ³	16	516,0	34,6	15	510,0	32,9
	7	σ _{cn}	Kg/cm ²	16	43,0	6,7	15	73,0	10,1
	7	R _{cn}	Kg/cm ²	15	81,0	11,8	15	139,6	21,7
	7								
I, II	19	H	%	38	107,9	21,6	37	12,0	0,28
	19	D ^{oo}	Kg/m ³	38	920,0	71,6	37	574,0	66,3
	19	D ^{so}	Kg/m ³	38	441,0	28,9	37	515,0	59,9
	19	D ^{ss}	Kg/m ³	38	537,0	45,8	37	544,0	62,8
	19	σ _{cn}	Kg/cm ²	38	41,0	6,3	37	69,0	11,7
	19	R _{cn}	Kg/cm ²	37	84,0	14,4	37	141,3	26,1
	19								

H, D^{oo}, D^{so}, D^{ss} idem Tabla I.σ_{cn} = Tensión en el límite de proporcionalidad.R_{cn} = Tensión de rotura.

INFOR

TABLA N° 4

ENSAYOS DE CIZALLE TANGENCIAL

Z O N A	NUMERO DE ARBOLES	PROPIEDAD	UNIDAD	ESTADO VERDE			ESTADO SECO AL AIRE (H= 12%)		
				Número de Probetas.	Media	Desviación estándar	Número de Probetas	Media	Desviación estándar
I Continental (Llanquihue, Osorno, Valdivia)	12	H	%	22	107,2	28,9	22	11,1	0,34
	12	D ^{oo}	Kg/m ³	22	889,0	106,0	22	541,0	47,1
	12	D ^{so}	Kg/m ³	22	432,0	37,0	22	489,0	42,9
	12	D ^{ss}	Kg/m ³	22	522,0	55,4	22	518,0	46,0
	12	R _{czt}	Kg/cm ²	22	71,0	8,5	22	104,0	11,0
II Insular (Chiloé)	7	H	%	15	124,3	15,7	15	12,0	0,16
	7	D ^{oo}	Kg/m ³	15	951,0	74,5	15	536,0	44,7
	7	D ^{so}	Kg/m ³	15	424,0	22,8	15	482,0	39,5
	7	D ^{ss}	Kg/m ³	15	490,0	30,2	15	513,0	47,1
	7	R _{czt}	Kg/cm ²	15	71,0	6,7	15	92,3	17,4
I y II	19	H	%	37	114,1	25,7	37	11,5	0,53
	19	D ^{oo}	Kg/m ³	37	914,0	98,3	37	539,0	45,6
	19	D ^{so}	Kg/m ³	37	428,0	31,9	37	486,0	41,2
	19	D ^{ss}	Kg/m ³	37	509,0	49,0	37	516,0	45,9
	19	R _{czt}	Kg/cm ²	37	71,0	7,7	37	99,1	14,8

H, D^{oo}, D^{so}, D^{ss}, id. Tabla I.R_{czt} = Tensión de rotura.

TABLA N° 5
ENSAYO DE CIZALLE RADIAL

ZONA	NUMERO DE ARBOLES	PROPIEDAD	UNIDAD	ESTADO VERDE			ESTADO SECO AL AIRE (H = 12%)		
				Número de Probetas	Media	Desviación estándar	Número de Probetas	Media	Desviación estándar
I Continental (Llanquihue , Osorno, Val- divia).	12	H	%	22	111,1	26,9	22	11,7	0,10
	12	D ^{OO}	Kg/m ³	22	888,0	118,7	22	548,0	51,1
	12	D ^{SO}	Kg/m ³	22	432,0	38,1	22	489,0	46,8
	12	D ^{SS}	Kg/m ³	22	526,0	56,3	22	516,0	51,8
	12	R _{czr}	Kg/cm ²	22	59,0	8,0	22	83,2	10,6
II Insular (Chiloé)	7	H	%	15	117,9	18,6	15	12,0	0,18
	7	D ^{OO}	Kg/m ³	15	949,0	74,6	15	530,0	33,2
	7	D ^{SO}	Kg/m ³	15	437,0	26,9	15	476,0	29,7
	7	D ^{SS}	Kg/m ³	15	513,0	36,5	15	505,0	33,7
	7	R _{czr}	Kg/cm ²	15	59,0	5,9	15	77,9	16,5
I, II	19	H	%	37	113,9	23,9	37	11,8	0,20
	19	D ^{OO}	Kg/m ³	37	913,0	106,3	37	540,0	45,1
	19	D ^{SO}	Kg/m ³	37	434,0	33,7	37	483,0	40,8
	19	D ^{SS}	Kg/m ³	37	521,0	49,1	37	512,0	45,1
	19	R _{czr}	Kg/cm ²	37	59,0	7,1	37	81,0	13,3

H, D^{OO}, D^{SO}, D^{SS} idem Tabla I.

R_{czr} = Tensión de rotura.

TABLA N° 6

ENSAYO DE TRACCION NORMAL TANGENCIAL

ZONA	NUMERO DE ARBOLES	PROPIEDAD	UNIDAD	ESTADO VERDE			ESTADO SECO AL AIRE (H ≈ 12%)		
				Número de Probetas.	Media	Desviación estándar	Número de Probetas	Media	Desviación estándar
I Continental (Llanquihue, Osorno, Valdivia)	12	H	%	22	117,6	17,8	21	11,4	0,14
	12	D ^{oo}	Kg/m ³	22	933,0	81,1	21	540,0	49,6
	12	D ^{so}	Kg/m ³	22	429,0	32,1	21	488,0	44,2
	12	D ^{ss}	Kg/m ³	22	530,0	52,5	21	514,0	48,8
	12	R _{tnt}	Kg/cm ²	22	42,0	12,8	21	53,3	14,5
II Insular (Chiloé)	7	H	%	15	130,3	27,1	13	11,9	0,16
	7	D ^{oo}	Kg/m ³	15	975,0	67,4	13	536,0	43,2
	7	D ^{so}	Kg/m ³	15	424,0	36,8	13	482,0	37,4
	7	D ^{ss}	Kg/m ³	15	493,0	44,7	13	510,0	41,2
	7	R _{tnt}	Kg/cm ²	15	42,0	10,7	13	45,4	14,8
I, II	19	H	%	37	122,8	22,6	34	11,6	0,29
	19	D ^{oo}	Kg/m ³	37	950,0	77,8	34	539,0	46,6
	19	D ^{so}	Kg/m ³	37	427,0	33,7	34	486,0	41,3
	19	D ^{ss}	Kg/m ³	37	515,0	52,1	34	512,0	45,5
	19	R _{tnt}	Kg/cm ²	37	42,0	11,8	34	50,3	14,9

H, D^{oo}, D^{so}, D^{ss} idem Tabla I.

R_{tnt} = Tensión de Rotura.

TABLA N° 7

ENSAYO DE TRACCION NORMAL RADIAL

ZONA	NUMERO DE ARBOLES	PROPIEDAD	UNIDAD	ESTADO VERDE			ESTADO SECO AL AIRE (H=12%)		
				Número de Probetas	Media	Desviación estándar	Número de Probetas	Media	Desviación estándar
I Continental (Llanquihue, Osorno, Valdivia)	12	H	%	22	119,5	21,7	21	11,4	0,14
	12	D ^{oo}	Kg/m ³	22	952,0	83,7	21	546,0	51,0
	12	D ^{so}	Kg/m ³	22	435,0	32,3	21	493,0	45,8
	12	D ^{ss}	Kg/m ³	22	536,0	45,3	21	521,0	50,4
	12	R _{tnr}	Kg/cm ²	22	29,0	9,7	21	32,4	11,7
II Insular (Chiloé)	7	H	%	15	126,2	13,8	13	11,9	0,13
	7	D ^{oo}	Kg/m ³	15	969,0	67,1	12	541,0	27,0
	7	D ^{so}	Kg/m ³	15	429,0	18,2	12	485,0	23,8
	7	D ^{ss}	Kg/m ³	15	505,0	29,0	13	510,0	26,1
	7	R _{tnr}	Kg/cm ²	15	27,0	7,3	13	25,4	9,2
I, II	19	H	%	37	122,2	19,0	34	11,6	0,28
	19	D ^{oo}	Kg/m ³	37	959,0	76,9	33	544,0	43,4
	19	D ^{so}	Kg/m ³	37	432,0	27,4	33	490,0	39,0
	19	D ^{ss}	Kg/m ³	37	524,0	42,0	34	517,0	42,6
	19	R _{tnr}	Kg/cm ²	37	28,0	8,7	34	29,7	11,2

H, D^{oo}, D^{so}, D^{ss}, idem Tabla I.

R_{tnr} = Tensión de rotura.

TABLA N° 8

ENSAYOS DE CLIVAJE TANGENCIAL

ZONA	NUMERO DE ARBOLES	PROPIEDAD	UNIDAD	ESTADO VERDE			ESTADO SECO AL AIRE (H=12%)		
				Número de Probetas.	Media	Desviación estándar	Número de Probetas	Media	Desviación estándar
I Continental (Llanquihue, Osorno Valdivia)	12	H	%	22	115,1	29,3	21	11,8	0,14
	12	D ^{oo}	Kg/m ³	22	924,0	102,2	21	541,0	50,7
	12	D ^{so}	Kg/m ³	22	433,0	42,6	21	487,0	45,5
	12	D ^{ss}	Kg/m ³	22	527,0	59,7	21	514,0	49,9
	12	R _{cvt}	Kg/cm	22	55,0	10,8	21	67,2	15,4
II Insular (Chiloé)	7	H	%	15	121,0	18,4	14	12,1	0,14
	7	D ^{oo}	Kg/m ³	15	952,0	79,4	14	533,0	39,4
	7	D ^{so}	Kg/m ³	15	431,0	23,9	14	477,0	35,2
	7	D ^{ss}	Kg/m ³	15	509,0	37,0	14	506,0	39,2
	7	R _{cvt}	Kg/cm	15	56,0	8,6	13	67,5	7,6
I, II	19	H	%	37	117,5	25,4	35	11,9	0,20
	19	D ^{oo}	Kg/m ³	37	936,0	93,4	35	538,0	46,0
	19	D ^{so}	Kg/m ³	37	432,0	35,8	35	483,0	41,4
	19	D ^{ss}	Kg/m ³	37	520,0	51,9	35	511,0	45,5
	19	R _{cvt}	Kg/cm	37	55,0	9,8	34	67,3	12,8

H, D^{oo}, D^{so}, D^{ss}, idem Tabla I.

R_{cvt} = Resistencia al clivaje tangencial.

TABLA N° 9

ENSAYO DE CLIVAJE RADIAL

ZONA	NUMERO DE ARBOLES	PROPIEDAD	UNIDAD	ESTADO VERDE			ESTADO SECO AL AIRE (H = 12%)		
				Número de Probetas.	Media	Desviación estándar	Número de Probetas	Media	Desviación estándar
I Continental (Llanquihue, Osorno y Valdivia)	12	H	%	22	116,5	28,1	21	11,8	0,13
	12	D ^{oo}	Kg/m ³	22	939,0	88,6	21	537,0	45,0
	12	D ^{so}	Kg/m ³	22	437,0	36,2	21	483,0	40,6
	12	D ^{ss}	Kg/m ³	22	541,0	57,5	21	510,0	44,7
	12	R _{cvt}	Kg/cm	22	40,0	5,9	21	50,8	7,2
II Insular (Chiloé)	7	H	%	15	120,9	18,0	14	12,2	0,13
	7	D ^{oo}	Kg/m ³	15	965,0	74,4	14	524,0	30,9
	7	D ^{so}	Kg/m ³	15	434,0	30,2	14	470,0	27,4
	7	D ^{ss}	Kg/m ³	15	515,0	41,9	14	496,0	31,8
	7	R _{cvt}	Kg/cm	15	40,0	6,5	14	48,2	6,2
I, II	19	H	%	37	118,1	24,4	35	12,0	0,24
	19	D ^{oo}	Kg/m ³	37	949,0	83,1	35	544,0	42,8
	19	D ^{so}	Kg/m ³	37	436,0	33,4	35	478,0	36,1
	19	D ^{ss}	Kg/m ³	37	530,0	52,7	35	504,0	40,2
	19	R _{cvt}	Kg/cm	37	40,0	6,1	35	49,8	6,9

H, D^{oo}, D^{so}, D^{ss} idem Tabla I.R_{cvt} = Resistencia al clivaje radial.

TABLA N° 10

ENSAYOS DE DUREZA

ZONA	NUMERO DE ARBOLES	PROPIEDAD	UNIDAD	ESTADO VERDE			ESTADO SECO AL AIRE (H = 12%)		
				Número de Probetas.	Media	Desviación estándar	Número de Probetas.	Media	Desviación estándar
I Continental (Llanquihue, Osorno, Valdivia)	12	H ^{oo}	%	22	117,7	25,3	21	11,4	0,60
	12	D ^{so}	Kg/m ³	22	932,0	68,2	22	539,0	47,8
	12	D ^{ss}	Kg/m ³	22	431,0	43,4	22	485,0	43,1
	12	D ^{ss}	Kg/m ³	22	533,0	67,6	22	513,0	47,6
	12	Rdn	Kg	22	252,0	53,6	22	356,0	78,2
	12	Rdp	Kg	22	323,0	48,0	22	570,0	84,2
II Insular (Chiloé)	7	H ^{oo}	%	15	123,9	16,8	9	12,3	0,14
	7	D ^{so}	Kg/m ³	15	972,0	79,0	15	529,0	37,5
	7	D ^{ss}	Kg/m ³	15	434,0	24,0	15	479,0	33,6
	7	D ^{ss}	Kg/m ³	15	516,0	34,5	15	506,0	37,4
	7	Rdn	Kg	15	246,0	29,2	15	336,0	46,9
	7	Rdp	Kg	15	320,0	28,0	15	527,0	53,9
I, II	19	H ^{oo}	%	37	120,2	22,2	30	11,7	0,63
	19	D ^{so}	Kg/m ³	37	948,0	74,0	37	535,0	43,6
	19	D ^{ss}	Kg/m ³	37	432,0	36,4	37	483,0	39,2
	19	D ^{ss}	Kg/m ³	37	526,0	56,5	37	510,0	43,3
	19	Rdn	Kg	37	250,0	44,9	37	348,0	67,3
	19	Rdp	Kg	37	322,0	40,6	37	552,0	101,2

H, D^{oo}, D^{so}, D^{ss}, idem Tabla I.

Rdn = Resistencia normal a las fibras.

Rdp = Resistencia paralela a las fibras.



INFOR

TABLA N° 11

ENSAYO DE EXTRACCION DE CLAVOS

ZONA	NUMERO DE ARBOLES	PROPIEDAD	UNIDAD	ESTADO VERDE			ESTADO SECO AL AIRE (H=12%)		
				Número de Probetas.	Media	Desviación estándar	Número de Probetas.	Media	Desviación estándar
I Continental (Llanquihue, Osorno, Valdivia)	12	H ^{oo}	% ³	22	109,0	34,6	22	11,3	0,14
	12	D ^{so}	Kg/m ³	22	901,0	94,5	21	538,0	49,2
	12	D ^{ss}	Kg/m ³	22	436,0	45,4	21	487,0	44,7
	12	R _{cln}	Kg	22	530,0	63,1	21	514,0	49,5
	12	R _{clp}	Kg	22	89,0	16,2	22	105,0	28,3
	12			22	47,0	11,6	22	78,0	18,7
II Insular (Chiloé)	7	H ^{oo}	% ³	15	122,0	17,0	14	12,2	0,13
	7	D ^{so}	Kg/m ³	15	948,0	77,9	14	536,0	51,1
	7	D ^{ss}	Kg/m ³	15	427,0	26,8	14	481,0	45,6
	7	R _{cln}	Kg	15	494,0	35,7	14	510,0	51,4
	7	R _{clp}	Kg	15	86,0	14,9	14	102,0	21,9
	7			15	48,0	7,5	14	81,0	14,9
I, II	19	H ^{oo}	% ³	37	114,3	29,2	36	11,6	0,47
	19	D ^{so}	Kg/m ³	37	920,0	90,0	35	537,0	49,2
	19	D ^{ss}	Kg/m ³	37	432,0	38,8	35	485,0	44,5
	19	R _{cln}	Kg	37	515,0	56,1	35	512,0	49,6
	19	R _{clp}	Kg	37	88,0	15,5	36	104,0	25,7
	19			37	47,0	10,0	36	79,0	17,6

H, D^{oo}, D^{so}, D^{ss} idem Tabla I.R_{cln} = Resistencia a la extracción de clavo normal a las fibras.R_{clp} = Resistencia a la extracción de clavo paralela a las fibras.

INFOR

PROPIEDADES MECANICAS Y ASOCIADAS DE LA TEPA (*Laurelia philippiana* LOOSER)

ENSAYO O DETERMINACION		PROPIEDAD		ESTADO VERDE			ESTADO SECO AL AIRE (H = 12 %)		
		Símbolo	Unidad	Número de Probetas.	Media	Coefficiente Variación (%)	Número de Probetas	Media	Coefficiente Variación (%)
H U M E D A D		H	%	408	116,5	20,6	379	11,8	3,6
Densidad Original-Original		D ⁰⁰	Kg/m ³	408	932	9,4	394	542	9,1
Densidad Seca - Original		D ^{so}	Kg/m ³	408	432	7,8	394	486	9,1
Densidad Seca - Seca		D ^{ss}	Kg/m ³	408	521	9,9	395	514	9,4
FLEXION		σ _f , lím. prop.	Kg/cm ²	37	256	12,7	37	465	16,0
		R _f , rotura	Kg/cm ²	35	524	8,2	37	791	15,0
		E _f , mod. elást.	Ton/cm ²	37	81,90	13,0	37	98,02	15,5
COMPRESION PARALELA		σ _c , lím. prop.	Kg/cm ²	37	162	16,5	37	270	16,3
		R _c , rotura	Kg/cm ²	37	214	9,8	37	417	10,9
		E _c , mod. elást.	Ton/cm ²	37	85,5	22,6	37	100,78	16,9
COMPRESION NORMAL		σ _{cn} , lím. prop.	Kg/cm ²	38	41	15,3	37	69	16,9
		R _{cn} , rotura	Kg/cm ²	37	84	17,2	37	141	18,5
TRACCION NORMAL	Tangencial	R _{tnt} , rotura	Kg/cm ²	37	42	28,1	34	50	29,7
	Radial	R _{tnr} , rotura	Kg/cm ²	37	28	31,2	34	30	37,7
CIZALLE	Tangencial	R _{czt} , rotura	Kg/cm ²	37	71	10,9	37	99	15,0
	Radial	R _{czz} , rotura	Kg/cm ²	37	59	12,1	37	81	16,5
CLIVAJE	Tangencial	R _{cvt} , rotura	Kg/cm	37	55	17,7	34	67	19,1
	Radial	R _{cvr} , rotura	Kg/cm	37	40	15,0	35	50	13,8
DUREZA	Paralela	R _{dp}	Kg	37	322	12,6	37	552	18,3
	Normal	R _{dn}	Kg	37	250	18,0	37	348	19,4
EXTRACCION DE CLAVOS	Paralela	R _{clp}	Kg	37	47	21,2	36	79	21,6
	Normal	R _{cln}	Kg	37	88	17,7	36	104	24,6

PROPIEDADES MECANICAS DE ESPECIES MADERERAS QUE CRECEN EN CHILE.

Estado: verde.

ESPECIE	Peso Específico	FLEXION			TENACIDAD		COMPRESION					TRACC. NORMAL		DUREZA		CIZALLE		CLIVAJE		EXTRACC. DE CLAVO	
		Tens. Lím. Prop.	Mód. de Rotura	Mód. de Elasti- cidad.	TANG. $\angle$	RADIAL	PARALELA			NORMAL		TANG.	RADIAL	NOR- MAL	PARA- LELA	TANG.	RADIAL	TANG.	RADIAL	NOR- MAL	PARA- LELA
		Resis- tencia Máxima	Resis- tencia Máxima	Resis- tencia Máxima	Resis- tencia Máxima	Resis- tencia Máxima	Tens. Lím. Prop.	Ten- sión Máxima	Mód. de Elast.	Tens. Lím. Prop.	Ten- sión Máxima	Ten- sión Rotura	Ten- sión Rotura	Car- ga Máx.	Carga Máxi- ma	Ten- sión Rotura	Ten- sión Rotura	Ten- sión Rotura	Ten- sión Rotura	Car- ga Máx.	Car- ga Máx.
		σ_f Kg/cm ²	R_f Kg/cm ²	E_f Ton/cm ²	T_t N . cm	T_r N . cm	σ_{cp} Kg/cm ²	R_{cp} Kg/cm ²	E_{cp} Ton/cm ²	σ_{cn} Kg/cm ²	R_{cn} Kg/cm ²	R_{tnt} Kg/cm ²	R_{tnr} Kg/cm ²	R_{dp} Kg	R_{dn} Kg	R_{czt} Kg/cm ²	R_{czn} Kg/cm ²	R_{cvt} Kg/cm	R_{cvr} Kg/cm	R_{clp} Kg	R_{cln} Kg
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)
ALERCE	400	275	422	66,0			147	189	81,8	21		15		220	200	55					222
CIPRES	420	242	420	69,5			153	198	86,0	30		18		240	220	58					
MADRO	480	285	495	79,6			177	227	98,2	40		34		328	298	70					
PILO ARAUCA- RIA	470	282	450	83,8			170	230	67,2	42	85	58	24	264	258	72	58	50	32		
PINO INSIGNE	405	190	357	65,5			86	149	66,2					178	149	51	44	35	29	21	44
ALAMO	281	138	353	50,6			78	162	68,5	17	40	52	35	129	100	48	40	42	33		
COIPUE	510	315	522	83,3			198	258	92,5	108	158	70	53	379	391	94	71	75	64		
EUCALIPTO	625	400	768	118,5			233	365	137,5	74	179	100	68	402	366	125	98	95	72		
LAUREL	400	225	392	66,0			147	189	81,8	21		24		220	200	55					
LINGUE	490	294	505	81,5			180	231	100,0	42		45		340	310	71					
LUMA	1050	800	1150	160,0			397	496	294,8	230		80				150					
OLIVILLO	470	280	480	77,0			173	222	96,3	38		32		320	280	68					
RAULI	500	365	579	82,1			196	288	82,7	49		45		339	284	83	63	53			
ROBLE		359	531	87,7			144	263	110,9	97		57		410	428	89	67	65			
ULMO	570	403	662	103,7			191	301	110,3	62	126	110	55	334	253	98	94	83	64		
LENGA	464	253	496	79,2			159	216	87,8	35	71	40	24	317	254	74	64	52	37	38	76
TEPA	432	256	524	81,9			162	214	85,5	41	84	42	28	322	250	71	59	55	40	47	88

Pino Oregon

(2) Basado en el peso seco al horno (103 ± 2 °C) y en el volumen verde.

ESPECIE	Peso Especí- fico Kg/m ³	FLEXION			TENACIDAD		COMPRESION					TRACC. NORMAL		DUREZA		CIZALLE		CLIVAJE		EXTRACC. DE CLAVO	
		Ten- sión Lím. Prop.	Módu- lo de Rotu- ra.	Módu- lo de Elasti- cidad	TANG.	RADIAL	PARALELA			NORMAL		TANG.	RADIAL	NOR- MAL	PARAL	TANG.	RADIAL	TANG.	RADIAL	NOR- MAL	PARA- LELA
		σ_f	R_f	E_f	Resist. Máxima	Resist. Máxima	Tens. Lím. Prop.	Tens. Máxi- ma	Módulo de Elast.	Tens. Lím. Prop.	Tens. Máxi- ma	Tens. de Rotura	Tens. de Rotura	Carga Máxi- ma	Carga Máxi- ma	Tens. de Rotura	Tens. de Rotura	Tens. de Rotura	Tens. de Rotura	Car- ga Máx.	Car- ga Máx.
		Kg/cm ²	Kg/cm ²	Ton/cm ²	N. cm	N. cm	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Ton/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg	Kg	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg	Kg
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)
ALERCE	420	398	610	82,0	855	951	258	362	97,2	46		27		308	254	84					
CIPRES	440	420	650	87,0	1162	1249	270	378	104,2	51		23		330	280	90					
MARIO	480	416	722	86,8	1499	1537	339	527	111,6	109	181	51	31	380	267	124	110	60	43		
PIÑO ARAUCA- RIA.	520	473	772	111,2	1796	1796	278	425	106,7	82	150	75	41	412	310	127	90	48	60		
PINO INSIGNE	450	372	667	85,2	1518	1201	185	370	93,7					290	207	76	68	45	33	28	41
AROMO AUSTRA- LIANO	560	655	1254	152,6			470	728	171,0	125	195	51	32	461	448	158	131	62	41		
ALAMO	320	297	536	77,7			161	306	80,2	31	67	49	36	224	139	70	62	45	34		
COIHUE	580	505	775	103,8	1902	2325	244	453	111,7	90	190	94	66	439	413	125	95	122	78		
EUCALIPTO		775	1198	160,0	4208	4169	575	698	170,3	120		70		745	700	130					
LAUREL	490	531	762	113,9	1335	1086	324	518	124,3	68	125	78	48	330	242	113	108	92	75		
LINGUE	510	645	990	126,2	1883	2382	367	514	135,0	100	166			330	265	125	104	84	72		
LUMA		650	1300	210,0			685	786	273,2	200		120				230					
OLIVILLO		490	720	98,5	1825	1940	306	428	118,3	68		39		460	382	106					
RAULI		515	790	100,5	1748	1806	320	455	123,1	85		55		505	415	111					
ROBLE		650	850	123,5	2190	1729	338	472	130,5	80		66		505	465	120					
TINED	570	451	901	121,0			301	484	114,2	88	186	68	44	424	318	130	108	83	60		
ULMO	610	513	887	112,5	3305	3401	409	654	169,9	91	163	63	62	439	283	143	131	70	74		
LENGA	522	463	877	101,1	2526	3170	261	430	104,8	71	135	60	43	532	363	114	93	74	54	74	116
TEPA	486	465	791	98,0	1556	1681	270	417	100,8	69	141	50	30	553	348	99	81	67	50	79	104

(2) Los pesos específicos están referidos al peso seco al horno ($103 \pm 2^\circ \text{C}$) y al volumen que la madera tiene a un contenido de humedad (H) de aproximadamente 12%.

TABLA N° 15

TENSIONES BASICAS PARA LA TEPA

TENSION BASICA		E S T A D O	
SOLICITACION	UNIDAD	VERDE	SECO (H=12%)
FLEXION	Kg/cm ²	188	229
COMPRESION PARALELA	Kg/cm ²	118	222
COMPRESION NORMAL	Kg/cm ²	25	40
TRACCION PARALELA	Kg/cm ²	188	229
CIZALLE	Kg/cm ²	24	29
MODULO DE ELASTICIDAD			
- Medio	Ton/cm ²	81,9	98,0
- Mínimo	Ton/cm ²	57,0	63,0

* Los valores para el estado seco se deben aplicar a piezas con un espesor menor o igual a 10 cm.

Para elementos con espesor superior a 10 cm, las tensiones básicas para madera seca serán las mismas calculadas para la madera verde, exceptuando los siguientes casos:

- i) El valor de la tensión básica de compresión paralela se incrementará en un 10%.
- ii) El módulo de elasticidad a la flexión se incrementará en un 2%.

B I B L I O G R A F I A

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. Tentative recommended practice for dealing with outlying observations. ASTM E-178-68 Part 30 - Philadelphia, 1968. p. 537.
- CHILE. INSTITUTO FORESTAL Recopilación de propiedades mecánicas de madera creciendo en Chile. Santiago, 1967. 4 p. (Nota Técnica - N°8).
- INN. NCh 968. " Madera. Selección, obtención y acondicionamiento de muestras y probetas para la determinación de propiedades físicas y mecánicas."
- INN. NCh 971. " Madera. Determinación del Contenido de Humedad ".
- INN. NCh 972. " Madera. Determinación del peso específico de las probetas".
- INN. NCh 973. " Madera. Determinación de las propiedades mecánicas. Ensayo de compresión perpendicular al grano ".
- INN. NCh 974. " Madera. Determinación de las propiedades mecánicas. Ensayo de compresión paralela al grano ".
- INN. NCh 975. " Madera. Determinación de las propiedades mecánicas. Ensayo de tracción perpendicular al grano . "
- INN. NCh 976. " Madera. Determinación de las propiedades mecánicas. Ensayo de cizalle."
- INN. NCh 977. " Madera. Determinación de las propiedades mecánicas. Ensayo de clivaje".
- INN. NCh 978. " Madera. Determinación de las propiedades mecánicas. Ensayo de dureza".



INFOR

BIBLIOTECA
INSTITUTO FORESTAL

- INN. NCh 979. " Madera. Determinación de las propiedades mecánicas. En
sayo de extracción de clavo".
- INN. NCh 980. " Madera. Determinación de la contracción ".
- INN. NCh 986. " Madera. Determinación de las propiedades mecánicas. En
sayo de tenacidad ".
- INN. NCh 987. " Madera. Determinación de las propiedades mecánicas. En
sayo de flexión estática ."



INFOR

