

PROPIEDADES MECANICAS Y ASOCIADAS DEL PINO INSIGNE

Hiram ALBALA A.*

RESUMEN

El presente trabajo se refiere a la investigación realizada en el Laboratorio de Investigación en Productos Forestales del IDIEM, sobre el pino insigne (pinus radiata D. Don).

La finalidad de dicha investigación fue la determinación de las propiedades mecánicas y asociadas en diversas muestras extraídas de cuatro zonas pineras del país.

Las propiedades mecánicas determinadas se refieren a los ensayos siguientes: flexión, compresión paralela, durezas, cizalle radial, cizalle tangencial, clivaje radial, clivaje tangencial y extracción de clavo, que fueron efectuados tanto en estado verde como seco al aire. Conjuntamente con las propiedades mecánicas señaladas, se determinaron las densidades en estado seco al aire y los contenidos de humedad, asociados con las diferentes probetas de ensayo.

En primer término, el informe hace una breve descripción de las diversas fases seguidas en la investigación y posteriormente proporciona, distribuidos en diferentes Tablas, los valores obtenidos para un mismo ensayo y estado; finalmente incluye un resumen, en el cual aparecen los valores medios de la totalidad de los datos para cada uno de los ensayos efectuados y para cada estado.

INTRODUCCION

En los últimos años, se ha reconocido la importancia que para la economía del país tiene el pino insigne (pinus radiata D. Don), lo que ha movido a numerosos organismos de Chile, vinculados con los aspectos económicos, forestales y científicos, a establecer programas conducentes a un mayor conoci-

*Ing. Civil, Jefe Laboratorio de Investigación en Productos Forestales del IDIEM. Adaptación del texto original efectuada por Antonio Pérez G., Ing. Civil del mismo Laboratorio.

miento de esta especie con miras a lograr técnicas de mejoramiento de ella y de obtener una diversificación y mayor racionalización en su uso.

En virtud de lo anterior y conforme a una línea que data de mucho tiempo, el Laboratorio de Investigación en Productos Forestales del IDIEM se ha abocado a la determinación de algunas propiedades de crecimiento y físicas, y de diversas propiedades mecánicas de la especie mencionada, a través de esta Investigación, que forma parte de un plan coordinado por el Instituto Forestal y al que concurren también otras universidades con estudios de otras propiedades del pino insigne.

Una parte de los resultados, aquí incluidos, fueron presentados en la Reunión sobre Investigaciones en Productos Forestales, realizada en la Universidad de Concepción en octubre de 1964, bajo los auspicios de dicha Universidad y el Instituto Forestal.

TABLA I
ENSAYOS DE FLEXION

Zona	Propiedad X =	Unidad	Estado verde				Estado seco al aire (H=12%)			
			Número de probetas n	Media \bar{X}	Desviación típica s_x	Coefficiente de variación v_x (%)	Número de probetas n	Media \bar{X}	Desviación típica s_x	Coefficiente de variación v_x (%)
I Menque- Ranguelmo (Concep- ción)	H, humedad	%	10	152,3	36,4	23,9	9	11,8	0,2	1,8
	D ^{SS} , densidad	kg/m ³	10	433	64,1	14,8	10	420	42,2	10,0
	σ_f , lím. prop.	kg/cm ²	10	212	39,8	18,8	10	409	66,4	16,2
	R _f , rotura	kg/cm ²	9	355	25,4	7,2	10	688	95,4	13,9
	E _f , mód. elast.	t/cm ²	10	69,720	13,4	19,3	10	89,270	17,7	19,8
II Campana- rio - Cholguán (Ñuble)	H, humedad	%	9	197,0	15,7	8,0	10	12,3	0,5	4,2
	D ^{SS} , densidad	kg/m ³	9	372	5,6	1,5	10	369	17,1	4,6
	σ_f , lím. prop.	kg/cm ²	10	162	30,1	18,6	10	314	43,6	13,9
	R _f , rotura	kg/cm ²	10	311	32,5	10,4	10	562	65,0	11,6
	E _f , mód. elast.	t/cm ²	10	54,260	12,1	22,2	10	73,340	9,5	12,9
III Antiguala- Curanilahue (Arauco)	H, humedad	%	10	193,9	24,6	12,7	10	11,6	0,2	2,1
	D ^{SS} , densidad	kg/m ³	10	414	50,0	12,1	10	416	37,9	9,1
	σ_f , lím. prop.	kg/cm ²	10	198	27,8	14,0	10	400	26,0	6,5
	R _f , rotura	kg/cm ²	10	390	37,5	9,6	10	689	80,4	11,7
	E _f , mód. elast.	t/cm ²	10	71,540	5,1	7,1	9	89,320	3,7	4,2
IV Putén - Tijeral (Malleco)	H, humedad	%	10	152,4	39,0	25,6	10	12,2	0,5	4,2
	D ^{SS} , densidad	kg/m ³	10	412	33,5	8,1	10	421	34,0	8,1
	σ_f , lím. prop.	kg/cm ²	10	186	20,8	11,2	10	368	60,9	16,6
	R _f , rotura	kg/cm ²	10	370	29,1	7,9	10	691	65,2	9,4
	E _f , mód. elast.	t/cm ²	10	66,460	15,5	23,3	10	89,430	18,0	20,1
I, II, III, IV	H, humedad	%	39	173,3	36,7	21,2	39	12,0	0,5	4,1
	D ^{SS} , densidad	kg/m ³	39	409	48,1	11,8	40	407	39,5	9,7
	σ_f , lím. prop.	kg/cm ²	40	190	34,7	18,3	40	372	62,3	16,7
	R _f , rotura	kg/cm ²	39	357	42,2	11,8	40	657	93,2	14,2
	E _f , mód. elast.	t/cm ²	40	65,490	13,5	20,7	39	85,240	15,0	17,6

H, contenido de humedad; D^{SS}, densidad seca al horno (103° ± 2°C); σ_f , tensión en el límite de proporcionalidad a la flexión; R_f, tensión de rotura a la flexión; E_f, módulo de elasticidad a la flexión.

TABLA II
ENSAYOS DE COMPRESION PARALELA

Zona	Propiedad $X =$	Unidad	Estado verde				Estado seco al aire ($H=12\%$)			
			Número de probetas n	Media \bar{X}	Desviación típica s_x	Coefficiente de variación $v_x (\%)$	Número de probetas n	Media \bar{X}	Desviación típica s_x	Coefficiente de variación $v_x (\%)$
I Menque-Ranguelmo (Concepción)	H, humedad	%	10	155,7	45,4	29,1	10	12,0	0,2	1,4
	D^{ss} , densidad	kg/m ³	10	417	62,6	15,0	10	409	46,4	11,3
	σ_c lím. prop.	kg/cm ²	10	79	23,7	29,9	10	181	39,1	21,6
	R_c , rotura	kg/cm ²	10	151	30,7	20,3	10	372	73,4	19,7
	E_c , mód. elast	t/cm ²	10	73,850	25,1	33,9	10	99,120	28,1	28,4
II Campanario - Cholguán Ñuble	H, humedad	%	10	202,6	34,8	17,2	10	12,0	0,4	3,3
	D^{ss} , densidad	kg/m ³	10	359	20,8	5,8	10	360	26,7	7,4
	σ_c , lím. prop.	kg/cm ²	10	70	18,8	26,8	10	176	39,9	22,7
	R_c , rotura	kg/cm ²	10	121	23,8	19,7	10	308	45,2	14,7
	E_c , mód. elast	t/cm ²	10	52,600	11,4	21,7	10	75,500	14,4	19,1
III Antiguala- Curanilahue (Arauco)	H, humedad	%	10	193,5	39,3	20,3	10	11,7	0,3	2,2
	D^{ss} , densidad	kg/m ³	10	391	41,6	10,7	10	417	45,8	11,0
	σ_c , lím. prop.	kg/cm ²	10	105	18,3	17,3	10	183	29,6	16,2
	R_c , rotura	kg/cm ²	10	162	19,5	12,1	10	396	56,7	14,3
	E_c , mód. elast.	t/cm ²	10	67,070	7,9	11,8	10	103,520	22,3	21,6
IV Purén- Tijeral (Malleco)	H, humedad	%	10	150,2	44,6	29,7	10	11,8	0,2	1,7
	D^{ss} , densidad	kg/m ³	10	407	29,4	7,2	9	414	18,3	4,4
	σ_c , lím. prop.	kg/cm ²	10	91	9,9	10,9	10	202	29,6	14,7
	R_c , rotura	kg/cm ²	10	164	15,3	9,3	10	403	40,3	10,0
	E_c , mód. elast	t/cm ²	10	71,310	20,7	29,1	9	96,970	10,2	10,5
I, II, III, IV	H, humedad	%	40	175,5	45,9	26,2	40	11,9	0,3	2,4
	D^{ss} , densidad	kg/m ³	40	393	45,8	11,6	39	400	42,6	10,6
	σ_c lím. prop.	kg/cm ²	40	86	22,1	25,6	40	185	34,9	18,8
	R_c , rotura	kg/cm ²	40	149	28,1	18,8	40	370	65,4	17,7
	E_c , mód. elast	t/cm ²	40	66,210	18,9	28,6	39	93,700	22,3	23,8

H, contenido de humedad; D^{ss} , densidad seca al horno ($103^{\circ} \pm 2^{\circ}C$); σ_c , tensión en el límite de proporcionalidad a la compresión; R_c , tensión de rotura a la compresión; E_c , módulo de elasticidad a la compresión.

MUESTREO

Para obtener el material necesario se procedió a muestrear una gran extensión de la principal región pinera del país, la que fue dividida en cuatro zonas, siendo cada una de éstas a su vez subdividida en dos localidades. De cada una de las localidades se extrajeron al azar cinco árboles representativos, haciendo un total de diez árboles por zona.

Las zonas elegidas fueron: I Menque-Ranguelmo (Concepción); II Campanario-Cholguán (Ñuble); III Antiguala-Curanilahue (Arauco), y IV Purén-Tijeral (Malleco). Fueron elegidas de modo que cada una de ellas tuviese características de clima-suelo distintas, con miras a hacer estimaciones pre-

liminares de la influencia de los factores climáticos y del suelo sobre las propiedades en estudio.

Durante los meses de agosto y septiembre de 1963 se procedió al muestreo de las zonas I y II; durante el mes de mayo de 1964 se realizó el correspondiente a la zona III y a la localidad de Purén de la zona IV, y finalmente, en enero de 1965 el de la localidad de Tijeral de la última zona.

De cada uno de los árboles se eligió al azar una de las partes del fuste comercial (inferior, media o superior), de la que se cortaron dos trozas adyacentes de aproximadamente 2,5 m de largo, fijándose un diámetro mínimo de aproximadamente 20 cm. Estas trozas proveyeron del material necesario para obtener las probetas destinadas a los distintos ensayos y determinaciones.

DESARROLLO DE LA PARTE EXPERIMENTAL

Propiedades estudiadas

De acuerdo a las prescripciones de la Norma ASTM D 143-52¹, se investigaron las siguientes propiedades: flexión estática, compresión paralela, dureza normal y paralela, cizalle paralelo tangencial y radial, clivaje tangencial y

TABLA III

ENSAYOS DE DUREZA

Zona	Propiedad X =	Unidad	Estado verde				Estado seco al aire (H=12%)			
			Número de probetas n	Media \bar{X}	Desviación típica s_x	Coefficiente de variación $v_x(\%)$	Número de probetas	Media \bar{X}	Desviación típica s_x	Coefficiente de variación $v_x(\%)$
I Menque Ranguelmo- (Concep.)	H, humedad	%	10	157,2	45,6	29,0	10	11,9	0,3	2,6
	D ^{SS} , densidad	kg/m ³	10	426	63,0	14,8	10	426	35,0	8,2
	R _{dn} , dur. norm.	kg	10	146	42,9	29,4	10	215	39,8	18,5
	R _{dp} , dur. paral.	kg	10	186	38,4	20,7	10	321	53,4	16,6
II Campanario Cholguán (Ñuble)	H, humedad	%	10	207,8	29,0	13,9	10	11,9	0,5	4,4
	D ^{SS} , densidad	kg/m ³	10	363	28,6	7,9	10	356	29,5	8,3
	R _{dn} , dur. norm.	kg	10	118	26,1	22,0	10	164	29,3	17,9
	R _{dp} , dur. paral.	kg	10	135	24,9	18,4	10	251	60,6	24,2
III Antigua-la- Curanilahue (Arauco)	H, humedad	%	10	190,5	32,2	16,9	10	11,8	0,2	1,4
	D ^{SS} , densidad	kg/m ³	10	406	36,7	9,0	10	407	45,6	11,2
	R _{dn} , dur. norm.	kg	10	168	26,7	15,9	10	215	51,6	24,0
	R _{dp} , dur. paral.	kg	10	197	26,0	13,2	10	295	48,4	16,4
IV Purén - Tijeral (Malleco)	H, humedad	%	9	169,4	21,3	12,6	10	11,9	0,5	4,6
	D ^{SS} , densidad	kg/m ³	10	408	29,0	7,1	9	404	20,2	5,0
	R _{dn} , dur. norm.	kg	10	165	24,8	15,0	10	233	35,7	15,3
	R _{dp} , dur. paral.	kg	10	192	22,3	11,6	9	291	15,8	5,4
I, II, III, IV	H, humedad	%	39	181,5	37,8	20,8	40	11,9	0,4	3,4
	D ^{SS} , densidad	kg/m ³	40	400	46,5	11,6	39	398	42,3	10,6
	R _{dn} , dur. norm.	kg	40	149	35,9	24,0	40	207	46,4	22,4
	R _{dp} , dur. paral.	kg	40	178	37,3	21,0	39	290	53,1	18,4

H, contenido de humedad; D^{SS}, densidad seca al horno (103°+ 2°C), R_{dn}, dureza normal a las fibras; R_{dp}, dureza paralela a las fibras.

TABLA IV
ENSAYOS DE CIZALLE TANGENCIAL

Zona	Propiedad X =	Unidad	Estado verde				Estado seco al aire (H≈12%)			
			Número de probetas n	Media \bar{X}	Desviación típica s_x	Coefficiente de variación $v_x(\%)$	Número de probetas n	Media \bar{X}	Desviación típica s_x	Coefficiente de variación $v_x(\%)$
I Menque Ranguelmo (Concepc.)	H, humedad	%	10	160,3	38,0	23,7	10	11,7	0,4	3,3
	D ^{SS} , densidad	kg/m ³	10	420	58,4	13,9	10	416	44,2	10,6
	R _{ZT} , rotura	kg/cm ²	10	48	8,2	17,0	10	72	14,0	19,4
II Campanario Cholguán (Ñuble)	H, humedad	%	10	178,9	41,2	23,0	10	12,2	0,5	3,9
	D ^{SS} , densidad	kg/m ³	10	370	20,1	5,4	10	363	22,7	6,3
	R _{ZT} , rotura	kg/cm ²	10	47	8,0	17,0	10	74	13,7	18,6
III Antigualla- Curanilahue (Arauco)	H, humedad	%	10	182,4	30,2	16,6	10	11,6	0,2	1,4
	D ^{SS} , densidad	kg/m ³	10	410	47,5	11,6	10	404	43,4	10,7
	R _{ZT} , rotura	kg/cm ²	10	55	3,8	6,9	10	78	14,3	18,4
IV Purén - Tijeral (Malleco)	H, humedad	%	9	162,4	23,1	14,2	10	12,2	0,4	3,1
	D ^{SS} , densidad	kg/m ³	10	402	32,7	8,1	9	405	23,9	5,9
	R _{ZT} , rotura	kg/cm ²	10	52	5,2	10,0	10	80	12,3	15,5
I, II, III, IV	H, humedad	%	39	171,2	34,2	20,0	40	11,9	0,5	3,8
	D ^{SS} , densidad	kg/m ³	40	401	44,8	11,2	39	397	39,2	9,9
	R _{ZT} , rotura	kg/cm ²	40	51	7,1	14,0	40	76	13,4	17,7

H, contenido de humedad; D^{SS}, densidad seca al horno (103°±2°C); R_{ZT}, resistencia al cizalle tangencial

radial, y extracción de clavo normal y paralelo.

Estas propiedades se estudiaron en dos tipos de probetas, a saber: en estado verde y en estado seco al aire (contenido de humedad de la madera, aproximadamente 12%). De cada una de las probetas se extrajeron muestras para determinar la densidad en estado seco al horno y el contenido de humedad (propiedades asociadas).^{2, 3}

Método de ensayo

El método usado se ajustó esencialmente a las prescripciones de la Norma ASTM D 143 - 52¹. Se tuvo especial cuidado en asegurar que cada una de las selecciones de elementos se hiciese estrictamente al azar, recurriendo al uso de Tablas de números al azar para los efectos de sortear la posición de las viguetas en las trozas, por ejemplo, y de permutaciones al azar en el caso de ubicar las probetas en las viguetas.

Además, las trozas fueron en un comienzo encastilladas, siendo sometidas a riego frecuente y, más adelante, almacenadas en pileta; las viguetas destinadas a las determinaciones y ensayos en estado verde fueron almacenadas en un depósito con agua hasta su procesamiento, y las viguetas destinadas

al estado seco al aire fueron sometidas, recién cortadas, a un baño en solución anti-mancha de pentaclorofenato de sodio al 1%, aproximadamente.

De cada probeta se dejó un registro gráfico del tipo de falla; los ensayos cuyas probetas acusaron fallas anómalas tales como falla interanular en los casos de cizalle y clivaje, fueron repetidos. Varias de estas fallas demostraron la presencia de nudos en las superficies de ruptura.

Equipo

Además del equipo usual del Laboratorio, fueron confeccionados en el IDIEM, para la presente investigación: un pequeño banco de aserreo, una plataforma de recepción y marcado de trozas, una pileta de almacenamiento, un carro de transporte de trozas y un volumenómetro de mercurio.

Resultados

Los resultados obtenidos en los diferentes ensayos y determinaciones, se encuentran en las Tablas I a IX. En algunos casos el tamaño de la muestra, que en principio era de diez probetas por zona experimentó una reducción, debido a la eliminación de valores extremos muy improbables, hecha de acuerdo a

TABLA V
ENSAYOS DE CIZALLE RADIAL

Zona	Propiedad X =	Unidad	Estado verde				Estado seco al aire (H≈12%)			
			Número de probetas n	Media \bar{X}	Desviación típica s_x	Coefficiente de variación $v_x(\%)$	Número de probetas n	Media \bar{X}	Desviación típica s_x	Coefficiente de variación $v_x(\%)$
I Menque Ranguelmo (Concep.)	H, humedad	%	10	154,0	38,5	25,0	10	12,0	0,5	4,4
	D ^{SS} , densidad	kg/m ³	10	430	57,1	13,3	10	406	41,6	10,2
	R _{Zr} , rotura	kg/cm ²	10	45	7,6	16,9	10	69	12,8	18,6
II Campanario Cholguán (Ñuble)	H, humedad	%	10	184,3	41,0	22,3	10	12,3	0,6	5,0
	D ^{SS} , densidad	kg/m ³	10	362	22,1	6,1	10	348	29,5	8,5
	R _{Zr} , rotura	kg/cm ²	10	41	6,4	15,6	10	59	9,7	16,3
III Antigua-la- Curanilahue (Arauco)	H, humedad	%	10	164,0	42,7	26,1	10	11,6	0,4	3,7
	D ^{SS} , densidad	kg/m ³	10	411	56,0	13,6	10	407	43,4	10,7
	R _{Zr} , rotura	kg/cm ²	10	46	6,0	13,2	10	70	9,3	13,2
IV Purén- Tijeral (Malleco)	H, humedad	%	10	146,0	40,7	27,8	10	12,4	0,5	3,7
	D ^{SS} , densidad	kg/m ³	10	404	32,8	8,1	9	420	22,1	5,3
	R _{Zr} , rotura	kg/cm ²	10	46	5,2	11,3	10	73	7,0	9,6
I, II III, IV	H, humedad	%	40	162,1	41,7	25,8	40	12,1	0,6	4,8
	D ^{SS} , densidad	kg/m ³	40	402	49,6	12,3	39	395	44,2	11,2
	R _{Zr} , rotura	kg/cm ²	40	44	6,4	14,6	40	68	10,8	16,0

H, contenido de humedad; D^{SS}, densidad seca al horno (103° ± 2°C); R_{Zr}, resistencia al cizalle radial

TABLA VI
ENSAYOS DE CLIVAJE TANGENCIAL

Zona	Propiedad X =	Unidad	Estado verde				Estado seco al aire (H=12%)			
			Número de probetas	Media \bar{X}	Desviación típica s_x	Coefficiente de variación $v_x(\%)$	Número de probetas	Media \bar{X}	Desviación típica s_x	Coefficiente de variación $v_x(\%)$
I Menque Ranguelmo (Concep.)	H, humedad	%	9	161,9	46,2	28,5	10	11,6	0,3	3,0
	D ^{SS} , densidad	kg/m ³	9	429	61,5	14,4	10	417	41,1	9,8
	R _{Vt} , clivaje	kg/cm	9	33	6,2	18,8	9	39	6,4	16,3
II Campanario Cholguán (Ñuble)	H, humedad	%	6	189,5	19,6	10,4	5	11,8	0,6	5,4
	D ^{SS} , densidad	kg/m ³	6	388	24,7	6,4	5	374	27,8	7,4
	R _{Vt} , clivaje	kg/cm	6	32	5,5	17,1	5	39	5,7	14,6
III Antigua- Curanilahue (Arauco)	H, humedad	%	10	188,7	35,7	18,9	10	11,9	0,5	3,9
	D ^{SS} , densidad	kg/m ³	10	391	39,0	10,0	10	426	46,5	10,9
	R _{Vt} , clivaje	kg/cm	10	38	3,2	8,6	10	54	9,6	17,8
IV Purén - Tijeral (Malleco)	H, humedad	%	10	148,5	39,2	26,4	10	11,9	0,4	3,3
	D ^{SS} , densidad	kg/m ³	10	391	17,3	4,4	9	407	23,1	5,7
	R _{Vt} , clivaje	kg/cm	10	35	3,8	11,1	10	44	9,9	22,4
I, II, III, IV	H, humedad	%	35	170,4	40,3	23,6	35	11,8	0,4	3,7
	D ^{SS} , densidad	kg/m ³	35	400	41,9	10,5	34	411	39,5	9,6
	R _{Vt} , clivaje	kg/cm	35	35	5,0	14,4	34	45	10,4	23,0

H, contenido de humedad; D^{SS}, densidad seca al horno (103^o±2^oC); R_{Vt}, resistencia al clivaje tangencial

las indicaciones de la Norma ASTM E 178 - 61 T⁴.

Para cada una de las propiedades estudiadas (X), se calcularon la media (\bar{X}), desviación típica (s_x) y coeficiente de variación (v_x) de las n probetas correspondientes.

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}; s_x = \sqrt{\frac{n \sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}}; v_x = 100 \frac{s_x}{\bar{X}}$$

En cada una de las Tablas se han incluido los valores calculados para las diversas zonas y además para el total de los datos, facilitando así la comparación de las propiedades de cada ensayo en un estado determinado.

En la Tabla IX se presenta el resumen de los valores de las propiedades mecánicas y asociadas para el pino insignie, en base a la totalidad de los datos.

El contenido de humedad medio para el total de las probetas en estado seco al aire fue de 11,9% con un coeficiente de variación de 4,0%; lo cual indica una precisión aceptable en el control del secamiento al aire de la madera.

CONCLUSIONES

1. Los valores de las diferentes propiedades mecánicas y asociadas del pino insignie, obtenidas para cada una de las zonas muestreadas, son las que

se dan en las Tablas I a VIII, y el promedio para la especie, al considerar la totalidad de las zonas el que se incluya en la Tabla IX.

- El contenido de humedad medio para la totalidad de las muestras de pino insigne (zonas I, II, III y IV) fue de 173,0% en estado verde.
- El contenido de humedad más alto en el estado verde se obtuvo para las muestras de pino insigne extraídas de la zona II, Campanario - Cholguán (Ñuble) y su valor medio fue de 194,5%.
- El valor medio de la densidad seca (calculada en base al peso y volumen seco al horno) para la totalidad de las muestras de pino insigne (zonas I, II, III, y IV) fue de 0,402 g/cm³ (402 kg/m³).
- La densidad seca más baja se obtuvo para las muestras extraídas de la zona II y su valor medio fue de 0,365 g/cm³ (365 kg/m³).
- En general se observa que, para los distintos ensayos, los valores de las propiedades mecánicas de la zona II fueron los más bajos. Ello tiene su explicación en las características de las propiedades asociadas (contenido de humedad y densidad seca) de dicha zona, las cuales se han mencionado en los puntos 2 y 4.
- El coeficiente de variación obtenido en los diversos ensayos indica que

TABLA VII
ENSAYOS DE CLIVAJE RADIAL

Zona	Propiedad X =	Unidad	Estado verde				Estado seco al aire (H≈12%)			
			Número de probetas n	Media \bar{X}	Desviación típica s_x	Coeficiente de variación v_x (%)	Número de probetas n	Media \bar{X}	Desviación típica s_x	Coeficiente de variación v_x (%)
I Menque- Rangelmo (Concep.)	H, humedad	%	10	155,5	31,5	20,3	10	11,6	0,2	2,0
	D ^{SS} , densidad	kg/m ³	10	415	59,9	14,4	10	421	49,3	11,7
	R _{VR} , clivaje	kg/cm	10	28	5,3	19,1	10	35	4,7	13,2
II Campanario Cholguán (Ñuble)	H, humedad	%	10	197,1	17,4	8,8	10	11,8	0,4	3,6
	D ^{SS} , densidad	kg/m ³	10	376	18,9	5,0	10	357	22,9	6,4
	R _{VR} , clivaje	kg/cm	10	26	4,7	17,8	10	32	2,6	8,4
III Antiguala- Curanilahue (Arauco)	H, humedad	%	10	190,5	28,0	14,7	10	11,8	0,4	3,2
	D ^{SS} , densidad	kg/m ³	10	410	54,9	13,4	10	421	49,5	11,8
	R _{VR} , clivaje	kg/cm	10	33	3,9	11,8	10	37	7,4	19,9
IV Purén Tijeral (Malleco)	H, humedad	%	9	163,4	19,8	12,1	10	12,2	0,4	3,6
	D ^{SS} , densidad	kg/m ³	10	426	43,7	10,3	9	414	16,5	4,0
	R _{VR} , clivaje	kg/cm	10	29	3,2	10,9	10	29	4,7	16,1
I, II, III, IV	H, humedad	%	39	177,0	29,9	16,9	40	11,8	0,4	3,6
	D ^{SS} , densidad	kg/m ³	40	407	49,2	12,1	39	403	45,7	11,3
	R _{VR} , clivaje	kg/cm	40	29	4,8	16,6	40	33	5,8	17,5

H, contenido de humedad; D^{SS}, densidad seca al horno (103° ± 2°C); R_{VR}, resistencia al clivaje radial

TABLA VIII
ENSAYOS DE EXTRACCION DE CLAVO

Zona	Propiedad X =	Unidad	Estado verde				Estado seco al aire (H≈12%)			
			Número de probetas n	Media \bar{X}	Desviación típica s_x	Coefficiente de variación $v_x(\%)$	Número de probetas n	Media \bar{X}	Desviación típica s_x	Coefficiente de variación $v_x(\%)$
I Menque Ranguelmo (Concep.)	H, humedad	%	10	157,0	28,1	17,9	10	12,0	0,3	2,1
	D ^{SS} , densidad	kg/m ³	10	442	64,0	14,5	10	428	54,8	12,8
	R _{cn} , extr.norm.	kg	10	44	11,3	25,6	10	56	18,3	32,4
	R _{cp} , extr.paral.	kg	10	23	6,3	27,5	10	42	11,7	28,1
II Campanario- Cholguán (Ñuble)	H, humedad	%	10	199,1	22,4	11,2	10	12,0	0,4	3,6
	D ^{SS} , densidad	kg/m ³	10	372	35,6	9,6	10	349	31,6	9,1
	R _{cn} , extr.norm.	kg	10	37	13,5	36,3	9	28	4,5	16,1
	R _{cp} , extr.paral.	kg	10	18	8,2	46,3	10	26	6,7	25,6
III Antiguala- Curanilahue (Arauco)	H, humedad	%	10	184	41,3	22,4	10	11,5	0,3	2,9
	D ^{SS} , densidad	kg/m ³	10	389	27,1	7,0	10	408	46,5	11,4
	R _{cn} , extr.norm.	kg	10	45	7,5	16,7	10	39	14,5	37,5
	R _{cp} , extr.paral.	kg	10	21	5,2	24,4	10	24	11,6	47,5
IV Purén- Tijeral (Malleco)	H, humedad	%	10	151,7	44,6	29,4	10	12,6	1,1	8,5
	D ^{SS} , densidad	kg/m ³	10	400	31,0	7,8	10	422	38,8	9,2
	R _{cn} , extr.norm.	kg	10	48	6,4	13,2	10	38	8,3	22,2
	R _{cp} , extr.paral.	kg	10	22	6,6	29,6	10	21	5,2	25,0
I, II, III, IV	H, humedad	%	40	173,2	39,3	22,7	40	12,0	0,7	5,8
	D ^{SS} , densidad	kg/m ³	40	401	48,0	12,0	40	402	52,6	13,1
	R _{cn} , extr.norm.	kg	40	44	10,5	24,1	39	41	16,0	39,5
	R _{cp} , extr.paral.	kg	40	21	6,7	31,9	40	28	12,1	42,7

H, contenido de humedad; D^{SS}, densidad seca al horno (103°+2°C); R_{cn}, resistencia a la extracción de clavo normal a las fibras; R_{cp}, resistencia a la extracción de clavo paralela a las fibras.

la variación de las propiedades de la madera estudiada es del mismo orden que la obtenida con maderas de otros países en investigaciones análogas.

REFERENCIAS

1. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS, "Standard methods of testing small clear specimens of timber", ASTM D 143-52, Filadelfia, E.U.A.
2. U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE "Methods of determining the specific gravity of wood" Technical Note N° B - 14, F.P.L., E.U.A. octubre 1956.
3. U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE "Wood Handbook", Agriculture Handbook n° 72, F.P.L., E.U.A. 1955.
4. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS "Tentative recommended practice for dealing with outlying observations", ASTM E 178-61 T, Filadelfia, E.U.A.

TABLA IX

PROPIEDADES MECANICAS Y ASOCIADAS DEL PINO INSIGNE. RESUMEN DE LOS VALORES OBTENIDOS PARA EL CONJUNTO DE LAS CUATRO ZONAS (I, II, III y IV).

Ensayo o determinación	Propiedad X =	Unidad	Estado verde		Estado seco al aire	
			Número de probetas n	Media X	Número de probetas n	Media X
Humedad	H	%	311	173,0	314	11,9
Densidad seca	D ^{SS}	kg/m ³	314	402	315	402
Flexión	σ_f lim. prop.	kg/cm ²	40	190	40	372
	R _f , rotura	kg/cm ²	39	357	40	657
	E _f , mod. elast	t/cm ²	40	65,490	39	85,240
Compresión paralela	σ_c , lim. prop.	kg/cm ²	40	86	40	185
	R _c , rotura	kg/cm ²	40	149	40	370
	E _c , mod. elast	t/cm ²	40	66,210	39	93,700
Dureza	R _{dn} , normal	kg	40	149	40	207
	R _{dp} , paral.	kg	40	178	39	290
Cizalle tangencial	R _{zt}	kg/cm ²	40	51	40	76
Cizalle radial	R _{zr}	kg/cm ²	40	44	40	68
Clivaje tangencial	R _{vt}	kg/cm	35	35	34	45
Clivaje radial	R _{vr}	kg/cm	40	29	40	33
Extracción de clavo	R _{cn} , normal	kg	40	44	39	41
	R _{cp} , paral.	kg	40	21	40	28

D^{SS}, densidad seca al horno (103° + 2° C).

MECHANICAL AND RELATED PROPERTIES OF INSIGNIS PINE

SUMMARY:

The present work refers to an investigation carried out at IDIEM on insignis pine (*Pinus Radiata* D. Don), to evaluate several mechanical and related properties of small clear specimens from four pine growing locations of Chile.

The mechanical properties determined were: static bending, compression parallel to grain, hardness, radial and tangential shear, radial and tangential cleavage, and nail withdrawal, both in green wood and in air-dry wood. In addition, specific gravity and moisture content were also determined. The results are presented in several Tables.