

PROPIEDADES MECANICAS Y ASOCIADAS DEL ALAMO

Hiram ALBALA*

RESUMEN

En este trabajo se presentan los valores de las propiedades mecánicas del álamo común (populus nigra italica) provenientes de dos zonas productoras del país. Las propiedades ensayadas fueron: flexión estática, compresión paralela, compresión normal, tracción paralela, tracción normal tangencial, tracción normal radial, durezas, cizalle tangencial, cizalle radial, cizalle diagonal, clivaje tangencial y clivaje radial. Conjuntamente con las propiedades mecánicas señaladas, se determinaron las densidades y los contenidos de humedad, asociados con las diferentes probetas de ensayos.

Los resultados se presentan tabulados dando los valores medios, desviaciones típicas y coeficientes de variación correspondientes a cada propiedad estudiada.

INTRODUCCION

A lo largo del período comprendido entre 1935 y 1958 se ensayaron en el IDIEM las propiedades mecánicas de diversas especies forestales chilenas.

Cabe hacer notar que la mayoría de las especies, incluyendo el álamo, fueron ensayadas en un período en el cual no se acostumbraba efectuar un muestreo meticuloso de los árboles, trozas, viguetas y probetas; aún así, estimamos de valor la publicación de dichos datos debido a que el conjunto que ellos constituyen, en cuanto a número de especies y ensayos por especies, es uno de los más completos que se pueden formar en Chile.

En el presente trabajo damos los datos correspondientes al álamo común

*Ing. Civil, Jefe Laboratorio de Investigación en Productos Forestales del IDIEM, Profesor de la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Chile.

TABLA I
ENSAYOS DE FLEXION

Zona	Propiedad	Unidad	Estado verde				Estado seco al aire ($H \approx 12\%$)			
			Número de probetas	Media	Desviación típica	Coefficiente de variación (%)	Número de probetas	Media	Desviación típica	Coefficiente de variación (%)
I Rosario (O'Higgins)	H, humedad	%	15	198,6	37,4	18,8	14	12,2	0,1	1,2
	D^{00} , densidad	kg/m ³	15	809	111,4	13,8	15	343	13,4	3,9
	D^{50} , densidad	kg/m ³	15	271	9,6	3,5	15	305	12,0	3,9
	σ_f , lím. prop.	kg/cm ²	14	193	15,3	8,0	15	321	39,6	12,4
	R_f , rotura	kg/cm ²	14	333	19,2	5,8	15	556	45,1	8,1
	E_f , mód. elast.	t/cm ²	15	48,95	2,9	5,9	15	77,61	7,4	9,6
II Copihue (Linares)	H, humedad	%	15	174,6	31,6	18,1	14	12,0	0,1	1,0
	D^{00} , densidad	kg/m ³	15	792	98,1	12,4	14	365	19,0	5,2
	D^{50} , densidad	kg/m ³	15	289	17,4	6,0	14	326	16,8	5,2
	σ_f , lím. prop.	kg/cm ²	15	184	24,2	13,1	14	272	39,1	14,4
	R_f , rotura	kg/cm ²	15	372	31,4	8,4	14	515	72,4	14,0
	E_f , mód. elast.	t/cm ²	15	52,15	4,2	8,1	14	77,80	6,7	8,6
I, II	H, humedad	%	30	186,6	36,2	19,4	28	12,1	0,2	1,4
	D^{00} , densidad	kg/m ³	30	801	103,5	12,9	29	353	19,5	5,5
	D^{50} , densidad	kg/m ³	30	280	16,6	5,9	29	315	17,6	5,6
	σ_f , lím. prop.	kg/cm ²	29	188	20,5	10,9	29	297	45,8	15,4
	R_f , rotura	kg/cm ²	29	353	32,6	9,2	29	536	62,2	11,6
	E_f , mód. elast.	t/cm ²	30	50,55	3,9	7,8	29	77,70	7,0	9,0

H, contenido de humedad; D^{00} , densidad calculada en base al peso y volumen originales; D^{50} , densidad calculada en base al peso seco y volumen original; σ_f , tensión en el límite de proporcionalidad; R_f , tensión de rotura; E_f , módulo de elasticidad.

(*populus nigra italica*) cuyo muestreo se realizó en el año 1957.

En las especies estudiadas con posterioridad a 1958 se aplicaron métodos de muestreo al azar para la selección de las probetas. A estos estudios pertenece el ya publicado¹ sobre el pino insigne.

MATERIAL UTILIZADO

El material necesario se obtuvo de dos de las principales alamedas del país. Una de ellas ubicada en el Fundo Naicura, de Rosario (O'Higgins), y la otra en el Fundo Copihue, de Copihue (Linares).

De cada una de estas localidades se eligieron cinco árboles cuyas edades eran de aproximadamente 20 años, y que se presentaban como los más aprovechables para la extracción de probetas (rectos, lisos, sin nudos).

A cada uno de estos árboles se le hizo un corte longitudinal al centro y

dos transversales con el objeto de obtener trozas de aproximadamente un metro de longitud.

Del duramen de cada troza se extrajeron entre dos y tres viguetas de una longitud aproximada de 33 pulgadas (84 cm), y de una sección transversal de 2" x 2" (5 x 5 cm).

PROPIEDADES ESTUDIADAS

De acuerdo a las prescripciones de la norma ASTM D 143 - 52², se investigaron las siguientes propiedades: flexión estática; compresión paralela y normal; tracción paralela, normal tangencial y normal radial; dureza normal y paralela; cizalle tangencial, radial y diagonal; clivaje tangencial y radial.

Estas propiedades se estudiaron en dos estados de la madera, a saber: verde y seco, en este último estado el contenido de humedad de la madera era aproximadamente de 12%. De cada una de las probetas se extrajeron muestras

TABLA II
ENSAYOS DE COMPRESION PARALELA

Zona	Propiedad	Unidad	Estado verde				Estado seco al aire ($H \approx 12\%$)			
			Número de probetas	Media	Desviación típica	Coefficiente de variación (%)	Número de probetas	Media	Desviación típica	Coefficiente de variación (%)
I Rosario (O'Higgins)	H , humedad	%	14	203,6	31,9	15,7	15	12,2	0,3	2,5
	D^{00} , densidad	kg/m ³	14	834	84,1	10,1	15	340	12,0	3,5
	D^{50} , densidad	kg/m ³	14	275	9,3	3,4	15	303	10,6	3,5
	σ_{cp} , lím. prop.	kg/cm ²	14	89	8,3	9,4	15	165	19,3	11,7
	R_{cp} , rotura	kg/cm ²	14	156	10,5	6,8	15	308	31,0	10,1
	E_{cp} , mód.elast.	t/cm ²	14	67,97	5,6	8,2	15	82,65	9,6	11,6
II Copihue (Linares)	H , humedad	%	15	181,9	45,4	25,0	15	12,0	0,1	1,1
	D^{00} , densidad	kg/m ³	15	800	135,8	17,0	15	362	18,1	5,0
	D^{50} , densidad	kg/m ³	15	284	17,1	6,0	15	323	16,1	5,0
	σ_{cp} , lím. prop.	kg/cm ²	15	67	20,9	31,0	15	157	17,6	11,2
	R_{cp} , rotura	kg/cm ²	15	169	11,4	6,8	15	304	25,6	8,4
	E_{cp} , mód.elast.	t/cm ²	15	69,02	10,2	14,7	15	77,70	8,2	10,5
I, II	H , humedad	%	29	192,4	40,3	21,0	30	12,1	0,3	2,1
	D^{00} , densidad	kg/m ³	29	816	113,2	13,9	30	351	18,9	5,4
	D^{50} , densidad	kg/m ³	29	279	14,3	5,1	30	313	16,9	5,4
	σ_{cp} , lím. prop.	kg/cm ²	29	78	19,2	24,7	30	161	18,6	11,6
	R_{cp} , rotura	kg/cm ²	29	162	12,7	7,8	30	306	28,0	9,2
	E_{cp} , mód.elast.	t/cm ²	29	68,51	8,1	11,9	30	80,18	9,1	11,4

H , contenido de humedad; D^{00} , densidad calculada en base al peso y volumen originales; D^{50} , densidad calculada en base al peso seco y volumen original; σ_{cp} , tensión en el límite de proporcionalidad; R_{cp} , tensión de rotura; E_{cp} , módulo de elasticidad.

TABLA III
ENSAYOS DE COMPRESION NORMAL

Zona	Propiedad	Unidad	Estado verde				Estado seco al aire ($H \approx 12\%$)			
			Número de probetas	Media	Desviación típica	Coefficiente de variación (%)	Número de probetas	Media	Desviación típica	Coefficiente de variación (%)
I Rosario (O'Higgins)	H , humedad	%	15	196,2	47,9	24,4	15	11,8	0,3	2,5
	D^{00} , densidad	kg/m ³	15	812	131,9	16,2	15	340	9,8	2,9
	D^{50} , densidad	kg/m ³	15	274	12,9	4,7	15	304	8,5	2,8
	σ_{cn} , lím. prop.	kg/cm ²	15	18	1,7	9,8	15	29	2,7	9,4
	R_{cn} , rotura	kg/cm ²	14	37	2,1	5,6	15	65	5,6	8,6
II Copihue (Linares)	H , humedad	%	15	188,2	39,4	20,9	15	12,0	0,2	2,1
	D^{00} , densidad	kg/m ³	15	842	127,9	15,2	15	365	21,2	5,8
	D^{50} , densidad	kg/m ³	15	292	15,5	5,3	15	326	18,9	5,8
	σ_{cn} , lím. prop.	kg/cm ²	15	16	5,5	34,4	14	33	2,4	7,1
	R_{cn} , rotura	kg/cm ²	15	43	5,6	13,1	15	69	6,6	9,5
I, II	H , humedad	%	30	192,2	43,3	22,5	30	11,9	0,3	2,4
	D^{00} , densidad	kg/m ³	30	827	128,7	15,6	30	353	20,6	5,8
	D^{50} , densidad	kg/m ³	30	283	16,8	5,9	30	315	18,2	5,8
	σ_{cn} , lím. prop.	kg/cm ²	30	17	4,1	24,3	29	31	3,2	10,4
	R_{cn} , rotura	kg/cm ²	29	40	5,3	13,2	30	67	6,4	9,6

H , contenido de humedad; D^{00} , densidad calculada en base al peso y volumen originales; D^{50} , densidad calculada en base al peso seco y volumen original; σ_{cn} , tensión en el límite de proporcionalidad; R_{cn} , tensión de rotura.

TABLA IV
ENSAYOS DE TRACCION PARALELA

Zona	Propiedad	Unidad	Estado verde				Estado seco al aire ($H \approx 12\%$)			
			Número de probetas	Media	Desviación típica	Coefficiente de variación (%)	Número de probetas	Media	Desviación típica	Coefficiente de variación (%)
I Rosario (O'Higgins)	H , humedad	%	15	182,0	63,7	35,0	15	11,7	0,7	6,2
	σ_{tp} , lím. prop.	kg/cm ²	14	293	40,5	13,8	14	277	31,5	11,4
	R_{tp} , rotura	kg/cm ²	15	581	84,8	14,6	15	542	90,8	16,7
	E_{tp} , mód.elast.	t/cm ²	14	66,84	6,9	10,3	15	79,05	13,2	16,7
II Copihue (Linares)	H , humedad	%	15	156,3	39,6	25,3	9	12,3	1,5	12,0
	σ_{tp} , lím. prop.	kg/cm ²	15	340	58,3	17,1	13	336	59,0	17,5
	R_{tp} , rotura	kg/cm ²	15	577	77,0	13,4	15	589	144,1	24,4
	E_{tp} , mód.elast.	t/cm ²	15	71,88	10,1	14,0	13	74,40	9,6	12,9
I, II	H , humedad	%	30	169,2	53,7	31,7	24	11,9	1,1	9,0
	σ_{tp} , lím. prop.	kg/cm ²	29	318	55,0	17,3	27	305	55,1	18,0
	R_{tp} , rotura	kg/cm ²	30	579	79,6	13,8	30	566	20,8	21,4
	E_{tp} , mód.elast.	t/cm ²	29	69,45	8,9	12,8	28	76,89	11,7	15,2

H , contenido de humedad; D^{00} , densidad calculada en base al peso y volumen originales; D^{50} , densidad calculada en base al peso seco y volumen original; R_{tp} , tensión de rotura.

para determinar la densidad y el contenido de humedad (propiedades asociadas).

METODO

El método usado se ajustó a las prescripciones de la norma ASTM D 143 - 52². El secamiento de las viguetas destinadas a los ensayos en estado seco se dividió en tres etapas: la primera consistió en un secamiento al aire, la segunda en un secamiento acelerado, mediante el uso de un horno y la última en una climatización a un contenido de humedad aproximadamente igual a 12%.

Cada árbol aportó seis probetas para cada ensayo, tres destinadas al estado verde y tres al estado seco. La elección de las viguetas en el árbol y la de las probetas en las viguetas se efectuó sin seguir una norma determinada.

RESULTADOS

Con los resultados obtenidos en los diferentes ensayos y determinaciones, se calcularon las diversas propiedades. Además se efectuó la eliminación de aquellos valores extremos muy improbables, lo que se hizo para un nivel de significación del 5%, de acuerdo a las indicaciones de la norma ASTM E 178 - 61 T³.

A cada una de las propiedades estudiadas se le determinó la media, la desviación típica y el coeficiente de variación.

Los resultados obtenidos se encuentran en las Tablas I a XII. En cada una de ellas 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 XIII se presenta el resumen de los valores de las propiedades mecánicas y asociadas para el álamo, en base a la totalidad de los datos.

COMENTARIO

1. El valor medio del contenido de humedad, para la totalidad de las probetas en estado seco resultó ser de 11,9% con un coeficiente de variación de 6,5% lo cual representa una precisión regular en la climatización de la madera.
2. El contenido de humedad medio para la totalidad de las muestras de álamo (zonas I y II) fue de 183,3% en estado verde.
3. En general se observa que en estado verde, las muestras de la zona I,

TABLA V
ENSAYOS DE TRACCION NORMAL TANGENCIAL

Zona	Propiedad	Unidad	Estado verde				Estado seco al aire ($H \approx 12\%$)			
			Número de probetas	Media	Desviación típica	Coefficiente de variación (%)	Número de probetas	Media	Desviación típica	Coefficiente de variación (%)
I Rosario (O'Higgins)	H , humedad	%	15	177,2	36,6	20,6	14	11,6	0,2	2,0
	D^{00} , densidad	kg/m^3	15	741	100,0	13,5	15	337	7,7	2,3
	D^{50} , densidad	kg/m^3	15	267	7,4	2,8	15	302	6,6	2,2
	R_{tnt} , rotura	kg/cm^2	15	53	21,3	40,4	15	50	8,6	17,1
II Copihue (Linares)	H , humedad	%	15	162,4	39,0	24,0	15	12,1	0,3	2,6
	D^{00} , densidad	kg/m^3	15	759	102,5	13,5	15	367	18,8	5,1
	D^{50} , densidad	kg/m^3	14	286	15,9	5,5	15	328	16,6	5,0
	R_{tnt} , rotura	kg/cm^2	15	52	11,6	22,4	15	48	7,4	15,6
I, II	H , humedad	%	30	169,8	37,9	22,3	29	11,8	0,4	3,2
	D^{00} , densidad	kg/m^3	30	750	99,9	13,3	30	352	20,8	5,9
	D^{50} , densidad	kg/m^3	29	276	15,3	5,5	30	315	17,9	5,7
	R_{tnt} , rotura	kg/cm^2	30	52	16,9	32,3	30	49	8,0	16,3

H , contenido de humedad; D^{00} , densidad calculada en base al peso y volumen originales; D^{50} , densidad calculada en base al peso seco y volumen original; R_{tnt} , tensión de rotura.

TABLA VI
ENSAYOS DE TRACCION NORMAL RADIAL

Zona	Propiedad	Unidad	Estado verde				Estado seco al aire ($H \approx 12\%$)			
			Número de probetas	Media	Desviación típica	Coefficiente de variación (%)	Número de probetas	Media	Desviación típica	Coefficiente de variación (%)
I Rosario (O'Higgins)	H , humedad	%	15	186,2	37,6	20,2	15	11,4	0,4	3,1
	D^{00} , densidad	kg/m^3	15	758	99,8	13,2	15	335	9,4	2,8
	D^{50} , densidad	kg/m^3	15	265	6,9	2,6	15	301	8,3	2,8
	R_{tr} , rotura	kg/cm^2	15	36	13,8	38,3	15	36	3,6	10,0
II Copihue (Linares)	H , humedad	%	15	187,8	33,9	18,0	15	12,0	0,4	3,1
	D^{00} , densidad	kg/m^3	15	825	97,0	11,8	15	363	17,0	4,7
	D^{50} , densidad	kg/m^3	15	288	20,8	7,2	15	324	14,9	4,6
	R_{tr} , rotura	kg/cm^2	15	34	6,3	18,6	15	37	7,2	19,4
I, II	H , humedad	%	30	187,0	35,2	18,8	30	11,7	0,4	3,8
	D^{00} , densidad	kg/m^3	30	792	102,6	13,0	30	349	19,4	5,6
	D^{50} , densidad	kg/m^3	30	276	19,1	6,9	30	312	16,7	5,4
	R_{tr} , rotura	kg/cm^2	30	35	10,6	30,4	30	36	5,6	15,4

H , contenido de humedad; D^{00} , densidad calculada en base al peso y volumen originales; D^{50} , densidad calculada en base al peso seco y volumen original; R_{tr} , tensión de rotura.

TABLA VII
ENSAYOS DE DUREZA

Zona	Propiedad	Unidad	Estado verde				Estado seco al aire ($H \approx 12\%$)			
			Número de probetas	Media	Desviación típica	Coefficiente de variación (%)	Número de probetas	Media	Desviación típica	Coefficiente de variación (%)
I Rosario (O'Higgins)	H , humedad	%	15	191,7	42,1	22,0	15	12,0	0,3	2,2
	D^{00} , densidad	kg/m ³	15	802	126,6	15,8	15	342	12,4	3,6
	D^{50} , densidad	kg/m ³	15	274	11,8	4,3	15	305	10,6	3,5
	R_{dn} , dur. norm.	kg	15	93	12,5	13,5	15	129	10,4	8,1
	R_{dp} , dur. paral.	kg	15	124	18,4	14,9	15	208	26,6	12,8
II Copihue (Linares)	H , humedad	%	15	190,4	31,4	16,5	15	12,1	0,2	1,7
	D^{00} , densidad	kg/m ³	15	840	101,0	12,0	15	372	17,3	4,6
	D^{50} , densidad	kg/m ³	15	289	14,2	4,9	15	332	15,1	4,6
	R_{dn} , dur. norm.	kg	15	107	9,3	8,7	15	149	14,9	10,0
	R_{dp} , dur. paral.	kg	15	135	13,8	10,2	15	240	22,8	9,5
I, II	H , humedad	%	30	191,1	36,5	19,1	30	12,0	0,2	2,0
	D^{00} , densidad	kg/m ³	30	821	114,2	13,9	30	357	21,3	6,0
	D^{50} , densidad	kg/m ³	30	282	14,8	5,3	30	318	18,6	5,9
	R_{dn} , dur. norm.	kg	30	100	13,0	13,0	30	139	16,0	11,5
	R_{dp} , dur. paral.	kg	30	129	17,0	13,1	30	224	29,4	13,1

H , contenido de humedad; D^{00} , densidad calculada en base al peso y volumen originales; D^{50} , densidad calculada en base al peso seco y volumen original; R_{dn} , resistencia normal a las fibras; R_{dp} , resistencia paralela a las fibras.

TABLA VIII
ENSAYOS DE CIZALLE TANGENCIAL

Zona	Propiedad	Unidad	Estado verde				Estado seco al aire ($H \approx 12\%$)			
			Número de probetas	Media	Desviación típica	Coefficiente de variación (%)	Número de probetas	Media	Desviación típica	Coefficiente de variación (%)
I Rosario (O'Higgins)	H , humedad	%	15	187,9	41,1	21,9	15	11,5	0,2	1,6
	D^{00} , densidad	kg/m ³	15	790	114,5	14,5	15	341	14,1	4,1
	D^{50} , densidad	kg/m ³	15	274	10,2	3,7	15	306	12,8	4,2
	R_{zt} , rotura	kg/cm ²	15	46	1,9	4,0	15	74	9,9	13,4
II Copihue (Linares)	H , humedad	%	15	184,2	34,3	18,6	15	12,0	0,4	3,2
	D^{00} , densidad	kg/m ³	15	821	97,8	11,9	15	361	17,8	4,9
	D^{50} , densidad	kg/m ³	15	289	14,9	5,2	15	322	15,2	4,7
	R_{zt} , rotura	kg/cm ²	15	51	5,0	9,8	15	67	11,8	17,7
I, II	H , humedad	%	30	186,1	37,2	20,0	30	11,8	0,4	3,2
	D^{00} , densidad	kg/m ³	30	805	105,8	13,1	30	351	18,6	5,3
	D^{50} , densidad	kg/m ³	30	282	14,7	5,2	30	314	16,0	5,1
	R_{zt} , rotura	kg/cm ²	30	48	4,4	9,0	30	70	11,3	16,1

H , contenido de humedad; D^{00} , densidad calculada en base al peso y volumen originales; D^{50} , densidad calculada en base al peso seco y volumen original; R_{zt} , tensión de rotura.

TABLA IX
ENSAYOS DE CIZALLE RADIAL

Zona	Propiedad	Unidad	Estado verde				Estado seco al aire ($H \approx 12\%$)			
			Número de probetas	Media	Desviación típica	Coefficiente de variación (%)	Número de probetas	Media	Desviación típica	Coefficiente de variación (%)
I Rosario (O'Higgins)	H , humedad	%	15	186,5	34,3	18,4	15	11,7	0,2	2,1
	D^{00} , densidad	kg/m ³	15	784	96,5	12,3	15	344	11,6	3,4
	D^{50} , densidad	kg/m ³	15	274	11,2	4,1	15	308	10,3	3,4
	R_{Zr} , rotura	kg/cm ²	15	38	3,7	9,6	15	62	7,8	12,6
I, II Copihue (Linares)	H , humedad	%	15	180,3	28,2	15,7	15	11,9	0,4	3,4
	D^{00} , densidad	kg/m ³	15	814	93,3	11,4	15	363	22,2	6,1
	D^{50} , densidad	kg/m ³	15	290	13,8	4,8	15	324	19,6	6,0
	R_{Zr} , rotura	kg/cm ²	15	41	3,3	8,0	15	61	9,5	15,6
I, II	H , humedad	%	30	183,4	31,1	17,0	30	11,8	0,4	3,0
	D^{00} , densidad	kg/m ³	30	799	95,4	11,9	30	354	19,9	5,6
	D^{50} , densidad	kg/m ³	30	282	14,9	5,3	30	316	17,5	5,5
	R_{Zr} , rotura	kg/cm ²	30	40	3,7	9,3	30	62	8,6	14,0

H , contenido de humedad; D^{00} , densidad calculada en base al peso y volumen originales; D^{50} , densidad calculada en base al peso seco y volumen original; R_{Zr} , tensión de rotura.

TABLA X
ENSAYOS DE CIZALLE DIAGONAL

Zona	Propiedad	Unidad	Estado verde				Estado seco al aire ($H = 12\%$)			
			Número de probetas	Media	Desviación típica	Coefficiente de variación (%)	Número de probetas	Media	Desviación típica	Coefficiente de variación (%)
Rosario (O'Higgins)	H , humedad	%	15	173,9	52,5	30,2	13	11,5	0,1	1,3
	D^{00} , densidad	kg/m ³	15	750	148,7	19,8	13	340	15,7	4,6
	D^{50} , densidad	kg/m ³	14	275	4,7	1,7	12	308	11,4	3,7
	R_{Zd} , rotura	kg/cm ²	15	42	3,6	8,7	13	68	7,3	10,6
II Copihue (Linares)	H , humedad	%	15	174,1	31,1	17,8	15	11,7	0,2	1,3
	D^{00} , densidad	kg/m ³	15	787	101,4	12,9	15	359	24,7	6,9
	D^{50} , densidad	kg/m ³	15	287	14,2	4,9	15	321	22,0	6,8
	R_{Zd} , rotura	kg/cm ²	15	46	5,0	10,7	15	63	10,6	17,0
I, II	H , humedad	%	30	174,0	42,4	24,4	28	11,6	0,2	1,4
	D^{00} , densidad	kg/m ³	30	768	125,9	16,4	28	350	22,6	6,5
	D^{50} , densidad	kg/m ³	29	281	12,6	4,5	27	315	19,1	6,0
	R_{Zd} , rotura	kg/cm ²	30	44	4,8	11,0	28	65	9,6	14,6

H , contenido de humedad; D^{00} , densidad calculada en base al peso y volumen originales; D^{50} , densidad calculada en base al peso seco y volumen original; R_{Zd} , tensión de rotura.

TABLA XI
ENSAYOS DE CLIVAJE TANGENCIAL

Zona	Propiedad	Unidad	Estado verde				Estado seco al aire ($H \approx 12\%$)			
			Número de probetas	Media	Desviación típica	Coefficiente de variación (%)	Número de probetas	Media	Desviación típica	Coefficiente de variación (%)
I Rosario (O'Higgins)	H , humedad	%	15	179,2	32,7	18,3	15	12,2	0,6	4,8
	D^{00} , densidad	kg/m ³	15	778	98,4	12,6	15	338	10,1	3,0
	D^{50} , densidad	kg/m ³	15	279	12,9	4,6	15	301	9,4	3,1
	R_{vt} , clivaje	kg/cm	15	41	13,9	33,7	15	43	3,9	9,1
II Copihue (Linares)	H , humedad	%	15	183,4	32,3	17,6	14	11,8	0,2	1,7
	D^{00} , densidad	kg/m ³	15	822	104,0	12,6	14	364	14,3	3,9
	D^{50} , densidad	kg/m ³	15	290	16,8	5,8	14	325	12,7	3,9
	R_{vt} , clivaje	kg/cm	15	43	12,6	29,4	14	47	4,4	9,4
I, II	H , humedad	%	30	181,3	32,0	17,6	29	12,0	0,5	4,0
	D^{00} , densidad	kg/m ³	30	800	102,9	12,9	29	350	17,7	5,0
	D^{50} , densidad	kg/m ³	30	284	17,2	6,0	29	313	16,2	5,2
	R_{vt} , clivaje	kg/cm	30	42	13,1	31,1	29	45	4,6	10,3

H , contenido de humedad; D^{00} , densidad calculada en base al peso y volumen originales; D^{50} , densidad calculada en base al peso seco y volumen original; R_{vt} , resistencia al clivaje tangencial.

TABLA XII
ENSAYOS DE CLIVAJE RADIAL

Zona	Propiedad	Unidad	Estado verde				Estado seco al aire ($H \approx 12\%$)			
			Número de probetas	Media	Desviación típica	Coefficiente de variación (%)	Número de probetas	Media	Desviación típica	Coefficiente de variación (%)
I Rosario (O'Higgins)	H , humedad	%	15	189,2	35,2	18,6	15	12,1	0,4	2,9
	D^{00} , densidad	kg/m ³	15	793	95,7	12,1	15	341	10,1	3,0
	D^{50} , densidad	kg/m ³	15	274	12,0	4,4	15	304	8,6	2,8
	R_{vr} , clivaje	kg/cm	15	32	10,5	33,0	15	33	3,8	11,7
II Copihue (Linares)	H , humedad	%	15	185,0	39,2	21,2	15	12,0	0,2	1,7
	D^{00} , densidad	kg/m ³	15	822	120,9	14,7	15	366	15,9	4,3
	D^{50} , densidad	kg/m ³	15	288	14,0	4,8	15	326	14,3	4,4
	R_{vr} , clivaje	kg/cm	15	34	10,3	30,7	15	34	4,0	11,6
I, II	H , humedad	%	30	187,1	36,7	19,6	30	12,1	0,3	2,4
	D^{00} , densidad	kg/m ³	30	807,0	108,3	13,4	30	353	18,3	5,2
	D^{50} , densidad	kg/m ³	30	281	14,7	5,2	30	315	16,4	5,2
	R_{vr} , clivaje	kg/cm	30	33	10,3	31,4	30	34	3,9	11,8

H , contenido de humedad; D^{00} , densidad calculada en base al peso y volumen originales; D^{50} , densidad calculada en base al peso seco y volumen original; R_{vr} , resistencia al clivaje radial.

TABLA XIII

PROPIEDADES MECANICAS Y ASOCIADAS DEL ALAMO. RESUMEN DE LOS VALORES OBTENIDOS PARA EL CONJUNTO DE LAS DOS ZONAS

Ensayo o Determinación	Propiedad		Estado verde			Estado seco al aire ($H \approx 12\%$)		
			Número de pro- tas	Media	Coef. de variación (%)	Número de pro- tas	Media	Coef. de variación (%)
	Símbolo	Unidad						
Humedad	H	%	359	183,3	21,4	349	11,9	6,5
Densidad original-original	D^{oo}	kg/m^3	329	799	13,8	326	352	5,6
Densidad seca-original	D^{so}	kg/m^3	327	281	5,6	325	315	5,5
Flexión	σ_f , lím. prop.	kg/cm^2	29	188	10,9	29	297	15,4
	R_f , rotura	kg/cm^2	29	353	9,2	29	536	11,6
	E_f , mód. elast.	t/cm^2	30	50,55	7,8	29	77,70	9,0
Compresión paralela	σ_{cp} , lím. prop.	kg/cm^2	29	78	24,7	30	161	11,6
	R_{cp} , rotura	kg/cm^2	29	162	7,8	30	306	9,2
	E_{cp} , mód. elast.	t/cm^2	29	68,51	11,5	30	80,18	11,4
Compresión normal	σ_{cn} , lím. prop.	kg/cm^2	30	17	24,3	29	31	10,4
	R_{cn} , rotura	kg/cm^2	29	40	13,2	30	67	9,6
Tracción paralela	σ_{tp} , lím. prop.	kg/cm^2	29	318	17,3	27	305	18,0
	R_{tp} , rotura	kg/cm^2	30	579	13,8	30	566	21,4
	E_{tp} , mód. elast.	t/cm^2	29	69,45	12,8	28	76,89	15,2
Tracción normal tangencial	R_{tnt}	kg/cm^2	30	52	32,3	30	49	16,3
Tracción normal-radial	R_{tnr}	kg/cm^2	30	35	30,4	30	36	15,4
Dureza normal	R_{dn}	kg	30	100	13,0	30	139	11,5
Dureza paralela	R_{dp}	kg	30	129	13,1	30	224	13,1
Cizalle tangencial	R_{zt}	kg/cm^2	30	48	9,0	30	70	16,1
Cizalle radial	R_{zr}	kg/cm^2	30	40	9,3	30	62	14,0
Cizalle diagonal	R_{zd}	kg/cm^2	30	44	11,0	28	65	14,6
Clivaje tangencial	R_{vt}	kg/cm	30	42	31,1	29	45	10,3
Clivaje radial	R_{vr}	kg/cm	30	33	31,4	30	34	11,8

H , contenido de humedad; D^{oo} , densidad calculada en base al peso y volumen originales; D^{so} , densidad calculada en base al peso seco y volumen original; σ , en cada caso, tensión en el límite de proporcionalidad; R , en cada caso, salvo R_{dn} y R_{dp} , tensión de rotura; E , en cada caso, módulo de elasticidad.

Rosario (O'Higgins) tenían un contenido de humedad algo más elevado que aquéllas provenientes de la zona II, Copihue (Linares).

4. La densidad media del álamo extraído de la zona I, es menor que la correspondiente a la zona II.
5. Para el estado verde, es posible decir que en casi todos los ensayos, los valores de las propiedades mecánicas del álamo de la zona I son menores que los correspondientes a la zona II. Esto se debe a las características de las propiedades asociadas (humedad y densidad) de dicha zona, las cuales se han mencionado en los puntos 3 y 4.
6. Para los diferentes ensayos, los valores de las propiedades mecánicas, correspondientes al álamo en estado seco, son similares para ambas zonas,

REFERENCIAS

1. ALBALA, H. Propiedades mecánicas y asociadas del pino insigne. *Revista del IDIEM*, vol. 5, nº 2 (octubre 1966), pp. 83-92.
2. ASTM D 143-52. *Standard methods of testing small clear specimens of timber.*
3. ASTM 178-61T. *Tentative recommended practice for dealing with outlying observations.*

MECHANICAL AND RELATED PROPERTIES OF POPLAR WOOD

SUMMARY:

This work presents the values of the mechanical properties of common poplar (populus nigra italica) from two zones of Chile. The mechanical properties determined were: static bending, compression parallel to grain; compression normal to grain; parallel, normal tangential and normal radial tension; hardness; radial, tangential and diagonal shear; radial and tangential cleavage. In addition specific gravity and moisture content were also determined. The results are presented in several Tables containing mean values, standard deviations and coefficients of variation.