

CONTRACCIONES VOLUMETRICAS DEL PINO INSIGNE

Hiram ALBALA*

Antonio PEREZ*

Carlos ROJAS**

RESUMEN

Este estudio forma parte de una investigación destinada a determinar las propiedades mecánicas y asociadas del pino insignne (Pinus Radiata D Don), en diversas muestras extraídas de cuatro zonas pineras del país, y trata de las contracciones volumétricas que experimenta esa especie cuando pierde humedad.

En él se describen brevemente las etapas seguidas en el muestreo, en la extracción de las diversas probetas y en la parte experimental, y posteriormente se analizan los datos obtenidos.

Se estudia la variación que experimenta la contracción volumétrica con la densidad y la humedad; además, se determina en forma aproximada el punto de saturación de las fibras, y finalmente se establece la correlación entre la contracción volumétrica total y la densidad anhidra de la especie.

INTRODUCCION

Como una continuación de la investigación sobre el pino insignne, se presenta aquí un estudio sobre las contracciones volumétricas que dicha especie experimenta al disminuir su contenido de humedad. Este estudio se programó conjuntamente con la determinación de las propiedades mecánicas y asociadas de la especie en cuestión¹, pero a causa de la lentitud natural del proceso de secamiento, se presenta ahora como informe separado.

* Ingenieros Civiles. Laboratorio de Investigación en Productos Forestales del IDIEM.

** Egresado de Ingeniería Civil, del mismo Laboratorio.

DESARROLLO DE LA PARTE EXPERIMENTAL

Material utilizado

El material necesario se obtuvo junto con el empleado para las propiedades mecánicas y asociadas ya citado; por tanto, corresponde a la principal región pinera del país, que se dividió en cuatro zonas: I Menque-Ranguelmo (Concepción); II Campanario-Cholguán (Ñuble); III Antigualla-Curanilahue (Arauco), y IV Purén-Tijeral (Malleco), las que se subdividieron en dos localidades.

De cada localidad se extrajeron al azar cinco árboles, de cada uno de los cuales se extrajo, también al azar, una probeta para el estudio de las contracciones volumétricas.

Método

Una vez obtenidas las probetas en estado verde, fueron sometidas a un baño en solución antimancha de pentaclorofenato de sodio al 1% aproximadamente.

Las probetas usadas tenían las dimensiones que prescribe la norma ASTM D 143-52², es decir $5 \times 5 \times 15$ cm, pero se varió el método recomendado por dicha norma para la determinación del volumen, usándose la inmersión en mercurio en lugar de la inmersión en agua. Además, en cada probeta, las determinaciones de peso y volumen se hicieron para niveles del contenido de humedad aproximadamente iguales a: 100, 70, 37, 35, 33, 31, 29, 27, 25, 23, 20, 12, 6 y 0% sucesivamente. La norma ASTM recomienda para una misma probeta sólo determinaciones en estado verde, a 12% de contenido de humedad, y en estado seco al horno.

Con el peso y el volumen determinados en los diferentes niveles de contenido de humedad ya indicados, se procedió a calcular en cada uno de ellos la humedad real, la densidad y la contracción volumétrica.

La contracción volumétrica se calculó como el porcentaje de contracción de volumen que experimenta la probeta al pasar del estado verde con 100% de humedad al estado correspondiente al contenido de humedad considerado.

Equipo

Debido al gran número de mediciones de volumen a efectuar en las diversas probetas, fue necesario buscar un método que resultara práctico y rápido. Se probó la inmersión en agua, la medición lineal y la inmersión en mercurio; los dos primeros métodos resultaron ser complicados, lentos y poco precisos, adoptándose en consecuencia el último. Con tal objeto se diseñó y construyó en IDIEM un volumenómetro* que consiste esencialmente en un recipiente cilíndri-

* Diseño de R. Marchant R., Técnico en Maderas, Laboratorio de Investigación en Productos Forestales, IDIEM.

co de acero con tapa atornillada y un tubo de vidrio unido al cilindro de acero. Al introducir el mercurio en el depósito de acero, se alcanza un nivel determinado en el tubo de vidrio, nivel que se mide en un pie de metro a través de una abrazadera solidaria a él y que puede deslizarse a lo largo de dicho tubo.

El modo de operar consiste en determinar con el pie de metro las lecturas inicial y final de los niveles de mercurio en el tubo de vidrio antes y después de introducir la probeta en el depósito de acero. De la diferencia de lecturas se calcula el volumen.

El método presenta la desventaja de la introducción de mercurio en los poros de la probeta, pero en este estudio tal efecto se puede despreciar puesto que los volúmenes determinados son grandes respecto al de los poros.

INTERPRETACION Y PRESENTACION DE LOS RESULTADOS

Para cada una de las probetas se dibujaron las curvas contracción volumétrica-humedad y densidad-humedad. A partir de la primera de éstas se determinaron las contracciones volumétricas experimentadas por la probeta al pasar del estado verde hasta los estados correspondientes a contenidos de humedad iguales a 12%, 6% y 0% (seco al horno a $103 \pm 2^\circ \text{C}$), sucesivamente. Finalmente, de cada curva se determinó, en forma aproximada, el punto de saturación de las fibras en la siguiente forma: se asimilaron a rectas las partes de la curva correspondientes a contenidos de humedad bajos (inferiores a 20% aproximadamente) y a contenidos de humedad altos (superiores a 35% aproximadamente), tomándose la intersección de ellas como punto de saturación de las fibras (PSF). Los valores así determinados deben considerarse con un carácter estimativo ya que el número de puntos correspondientes a los contenidos de humedad altos era reducido, no permitiendo, por ende, el trazado de una recta aceptablemente ajustada.

Se dedujeron los siguientes valores:

- a) Contracción volumétrica (δ) y densidad (D) para los niveles del contenido de humedad (H) que se indican a continuación: 100, 80, 60, 40, 35, 30, 25, 20, 12, 5 y 0%. Estos valores, agrupados por zonas (10 probetas) se dan en la Tabla I y gráficamente en las Figs. 1, 2, 3 y 4. En dicha Tabla también se indican los promedios totales para las cuatro zonas, y las curvas respectivas se presentan en la Fig. 5.
- b) Contracción volumétrica de la probeta cuando pasa del estado verde al estado correspondiente a un contenido de humedad igual a 6%. La Tabla II presenta los valores de las propiedades analizadas.

TABLA I

VALORES MEDIOS DE LA CONTRACCION VOLUMETRICA, δ , Y DE LA DENSIDAD, D , PARA DIFERENTES NIVELES DEL CONTENIDO DE HUMEDAD, H , EN LAS DISTINTAS ZONAS Y EN EL TOTAL

H	ZONAS								TOTAL	
	I		II		III		IV		I, II, III, IV	
%	δ %	D g/cm ³	δ %	D g/cm ³						
100	0,00	0,743	0,00	0,616	0,00	0,712	0,00	0,734	0,00	0,701
80	0,20	0,667	0,09	0,558	0,21	0,643	0,13	0,667	0,16	0,634
60	0,38	0,592	0,40	0,494	0,27	0,572	0,25	0,593	0,32	0,563
40	0,64	0,522	0,80	0,433	0,27	0,499	0,29	0,516	0,50	0,492
35	0,90	0,504	0,95	0,418	0,18	0,480	0,12	0,496	0,54	0,475
30	1,51	0,488	1,38	0,404	0,78	0,466	0,51	0,480	1,04	0,460
25	2,65	0,476	2,16	0,392	2,02	0,452	1,89	0,467	2,18	0,447
20	4,32	0,463	3,52	0,381	3,70	0,442	3,75	0,456	3,82	0,435
12	7,69	0,447	6,18	0,365	7,34	0,427	7,26	0,440	7,12	0,420
5	10,63	0,431	8,67	0,350	10,15	0,411	10,37	0,425	9,95	0,404
0	12,42	0,418	10,06	0,338	11,41	0,396	11,79	0,410	11,42	0,391

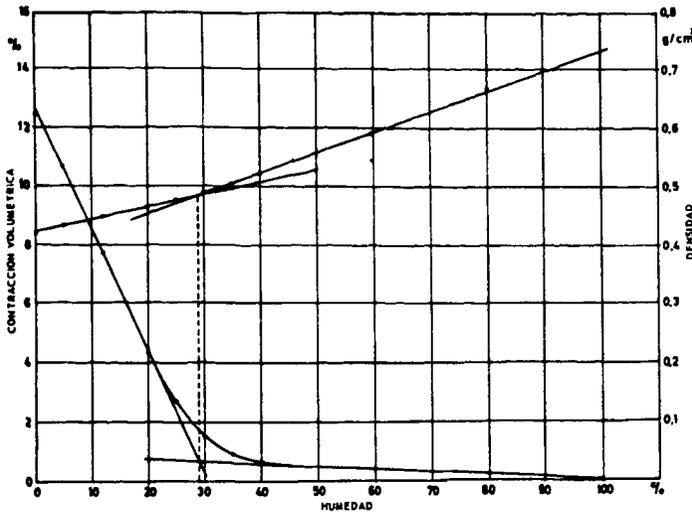


Fig. 1. Curvas de contracción volumétrica (δ) y densidad (D) para niveles del contenido de humedad (H). Zona I. Menque-Renguelmo. (Concepción).

Fig. 2. Curvas de contracción volumétrica (δ) y densidad (D) para niveles del contenido de humedad (H). Zona II. Campanario-Cholguán. (Ñuble).

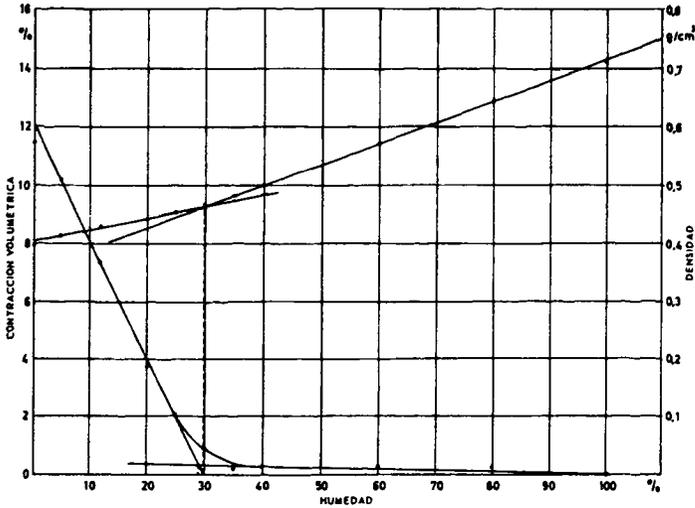
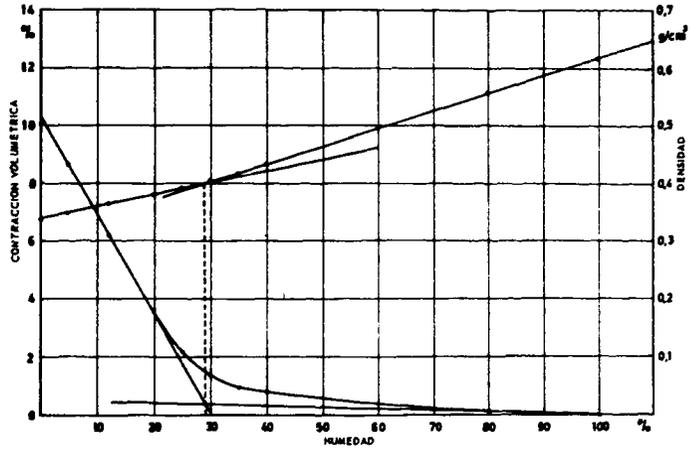
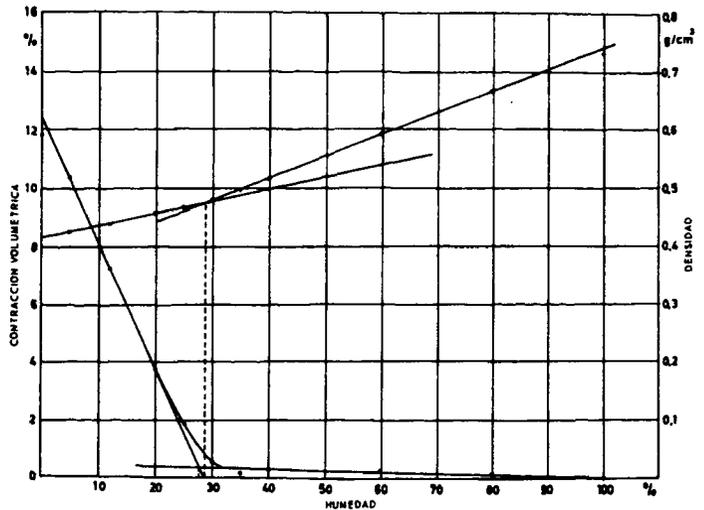


Fig. 3. Curvas de contracción volumétrica (δ) y densidad (D) para niveles del contenido de humedad (H). Zona III. Antigua-Curanihue. (Arauco).

Fig. 4. Curvas de contracción volumétrica (δ) y densidad (D) para niveles del contenido de humedad (H). Zona IV. Purén-Tijeral. (Malleco).



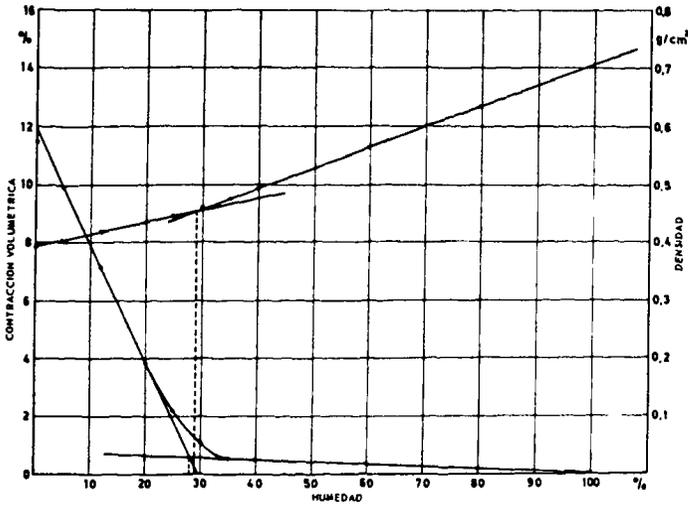


Fig. 5. Curvas promedios de contracción volumétrica (δ) y densidad (D) para niveles del contenido de humedad (H), incluyendo las cuatro zonas.

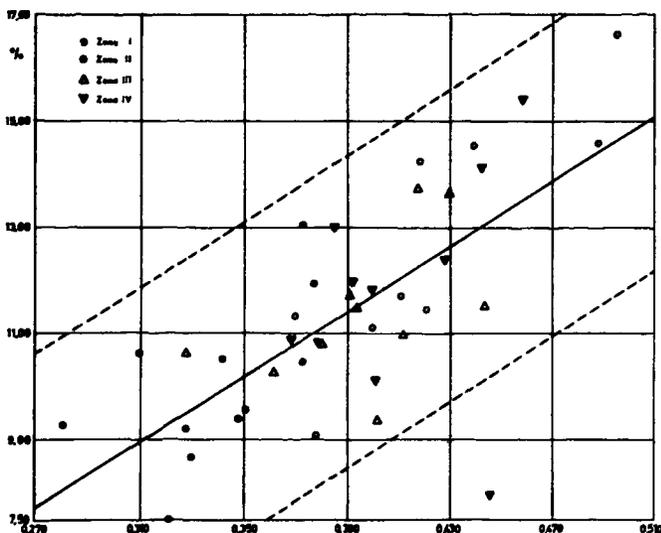
TABLA II
VALORES DE LAS PROPIEDADES ESTUDIADAS
CORRESPONDIENTES A LAS DIFERENTES ZONAS Y AL TOTAL

		I	II	III	IV	I, II III y IV
\overline{D}_s g/cm ³	\overline{D}_s	0,418	0,338	0,396	0,410	0,391
	s_D	0,048	0,031	0,034	0,032	0,047
	v_D	11,5	9,2	8,6	7,8	12,0
$\overline{\delta}_s$ %	$\overline{\delta}_s$	12,4	10,1	11,4	11,8	11,4
	s_s	2,5	1,6	1,4	2,2	2,1
	v_s	19,7	16,0	12,2	18,3	18,1
$\overline{\delta}_6$ %	$\overline{\delta}_6$	10,3	8,3	9,9	10,0	9,6
	s_6	2,4	1,4	1,3	2,0	1,9
	v_6	23,8	16,9	12,7	19,8	20,0
$\overline{\delta}_{12}$ %	$\overline{\delta}_{12}$	7,7	6,2	7,3	7,3	7,1
	s_{12}	2,0	1,0	1,2	1,7	1,6
	v_{12}	25,8	16,7	15,8	22,9	21,9
PSF	\overline{PSF}	28,5	28,1	29,0	28,5	28,5
	s	1,8	2,4	2,0	2,2	2,1
	v	6,4	8,5	7,0	7,9	7,3
PSF*	\overline{PSF}^*	28,6	28,0	30,6	29,3	29,1
	s^*	2,2	1,9	1,2	2,6	2,2
	v^*	7,7	6,8	3,8	8,9	7,5

D_s , densidad seca o anhidra de la especie; δ , contracción volumétrica en cada caso; guión sobre el signo, valor medio correspondiente; s , desviación típica en cada caso; v , coeficiente de variación en cada caso; PSF, punto de saturación de la fibra, curva $\delta - H$; PSF*, punto de saturación de la fibra, curva $D - H$.

Fig. 6. Correlación de regresión entre la densidad seca (D_s) y la contracción volumétrica que experimenta el pino insigne cuando va del estado verde al estado seco al horno (δ_s).

Se indica la recta de regresión y los límites de confianza 95%.



Finalmente, con la totalidad de los valores se estudió la correlación entre la densidad seca D_s y la contracción volumétrica δ_s que experimenta la especie al pasar del estado verde ($H \approx 100\%$) al estado seco al horno, encontrándose que ambas variables están relacionadas mediante la expresión empírica $\delta_s = -0,515 + 30,565 D_s$, con un coeficiente de correlación de 0,70 y una desviación estándar de 1,46% para los 40 datos considerados.

La recta de regresión y los puntos experimentales obtenidos aparecen dibujados en la Fig. 6.

CONCLUSIONES

Con fines comparativos se han incluido los valores medios, determinados por E. Torricelli³, de densidad seca, contracción volumétrica, y contenido de humedad en el punto

TABLA III

DENSIDAD SECA, CONTRACCION VOLUMETRICA Y PUNTO DE SATURACION DE LAS FIBRAS DE ALGUNAS MADERAS CHILENAS*

ESPECIE	D_s g/cm ³	δ_s %	PSF %
CONIFERAS			
Alerce	0,47	9,1	28
Ciprés	0,48	8,8	27
Mañío	0,56	12,4	27
Pino araucaria	0,52	13,5	26
DICOTILEDONEAS			
Avellano	0,47	11,5	24
Coigue	0,63	18,1	33
Laurel	0,53	9,0	26
Lingue	0,59	13,5	28
Luma	1,08	15,4	32
Olivillo	0,54	13,1	24
Raulí	0,58	10,9	28
Roble	0,61	12,5	32
Ulmo	0,53	13,2	31
ESPECIES EXTRANJERAS			
Alamo	0,38	10,5	27
Eucalipto	0,80	22,5	32
Pino insigne	0,52	10,9	24
Pino insigne**	0,39	11,4	29

*Valores dados por E. Torricelli³

**Valores extraídos de Tabla II.

de saturación de las fibras para diferentes especies chilenas (Tabla III).

Entre las especies extranjeras estudiadas por dicho autor se incluye un pino insigne para el cual da un valor de contracción volumétrica de 10,9%, que es ligeramente menor que el de 11,4% encontrado en la presente investigación. En cambio, los valores de densidad seca y del punto de saturación de las fibras difieren bastante de los que aquí se presentan.

Dicho autor afirma también que las contracciones desde el estado húmedo a la condición de secamiento al aire (12-15%) son aproximadamente la mitad de las contracciones desde el estado húmedo al seco al horno. En el presente informe se ha encontrado que para el pino insigne tal relación es aproximadamente 62%.

Fuera de las fluctuaciones que a simple vista pueden observarse en las Tablas I y II, se ha encontrado que la densidad seca y la contracción volumétrica total están relacionadas positiva y significativamente a través de la ecuación de regresión: $\delta_s = -0,515 + 30,56 D_s$ con δ_s en % y D_s en g/cm³.

Hacemos notar, finalmente, que los valores dados en este informe se pueden aceptar como representativos de la especie en cuestión, debido al metódico muestreo efectuado tanto al seleccionar los árboles en los diferentes bosques, como al extraer las probetas de los árboles.

REFERENCIAS

1. ALBALA, H. Propiedades mecánicas y asociadas del pino insigne (*Pinus Radiata* D. Don), *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. TORRICELLI, E. *Propiedades físicas y mecánicas de las maderas chilenas*, Ministerio de Tierras y Colonización, Santiago, 1941.

VOLUMETRIC SHRINKAGE OF INSIGNIS PINE

SUMMARY:

This study is part of a research 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, and deals with the volumetric shrinkage that this species experiences when it loses humidity.

The steps followed in the sampling, in the extraction of the various specimens and in the experimental part are briefly described, making afterwards an analysis of the results.

A study is made of the variation experimented by the volumetric shrinkage with specific gravity and moisture content; also an approximate determination of fiber saturation point is made and finally it is established the correlation between the total volumetric shrinkage and the dry specific gravity of the species.