

PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA MADERA DE PINO ELLIOTTII REFORESTADO EN LA PROVINCIA DE MISIONES, ARGENTINA

Raúl Alberto GONZALEZ (*)
Obdulio PEREYRA (**)
Teresa SUIRESZ (***)

RESUMEN

Dentro del programa de investigación de las propiedades físicas y mecánicas de las maderas provenientes de bosques implantados en la provincia de Misiones, Argentina, se presentan en este trabajo los resultados finales obtenidos en los ensayos de madera de Pino elliotti (*Pinus elliottii*), conocido como "Slash pine" en su país de origen, EE.UU.

En la actualidad más de 200.000 ha (cerca de 500.000 acres) se hallan reforestadas en esta provincia, la mayor parte con Pino elliotti, Pino taeda y Araucaria y un área similar en la vecina provincia de Corrientes, donde predominan Eucaliptos y Pino elliotti.

Se estudian maderas de veintiún (21) árboles provenientes de plantaciones comerciales de la zona norte de Misiones, de 13 a 18 años de edad, que proveen normalmente rollizos a la industria del aserrado, a

partir generalmente del segundo corte de aclareo (raleo).

Para las determinaciones físicas y mecánicas se emplearon normas técnicas ASTM (American Society for Testing and Materials), DIN (Deutsche Industrie Norm) e IRAM (Instituto Argentino de Racionalización de Materiales) utilizándose una máquina universal de ensayos de 10 toneladas, marca SIFIC, voluménmetro de Breuil, balanza eléctrica Metler, calibres, estufas, estufas y accesorios de laboratorios, obteniéndose los siguientes resultados:

1. Densidades

Aparente: 0,54 gr/cm³

Anhidra: 0,50 gr/cm³

Básica: 0,44 gr/cm³

2. Retracción total:

Tangencial: 5,48%

(*) Profesor Titular de Tecnología de la Madera, Director del Proyecto. Facultad de Ciencias Forestales - Universidad Nacional de Misiones.

(**) Ingeniero Forestal. Docente Adscripto a la Cátedra de Tecnología de la Madera y Becario de Investigación.

(***) Alumna de 5º año. Becaria en Tecnología de la Madera.

Radial: 4,05%
Volumétrica: 9,92%

3. *Flexión estática:*

Módulo de rotura: 920 kg/cm²
Módulo de elasticidad: 52.416 kg/cm²

4. *Tracción perpendicular: (kg/cm²)*

Tg: 32
Rd: 40

5. *Clivaje o hendidura: (kg/cm²)*

Tg: 38
Rd: 41

6. *Dureza yanka: (kg/cm²)*

Transversal: 432
Tg: 384
Rd: 344

7. *Corte paralelo: (kg/cm²)*

Tg: 114
Rd: 112

Si bien nos hallamos en presencia de madera que puede considerarse juvenil, los resultados obtenidos son interesantes y comparables favorablemente, en su mayoría, con las de otras coníferas de rápido crecimiento, tanto de bosques nativos como de reforestaciones.

Palabras claves:

Pinus elliottii - Misiones - propiedades físicas y mecánicas.

PHYSICS AND MECHANICAL PROPERTIES OF THE WOOD OF SLASH PINE (PINUS ELLIOTTII) CULTIVATED IN THE PROVINCE OF MISIONES, ARGENTINA

SUMMARY

Physics and mechanical properties of Slash pine (*Pinus elliottii*) of cultivated forest from the subtropical province of Misiones, Argentina, have been studied. Raw material used in this research belongs to plantations of 13 to 18 years old, whose logs normally feeds the saw mill industry, from regular thinnings and clear cuts.

At present, more than 200.000 ha (ca

500.000 acres) have been planted in this province, mostly Slash pine (*P. elliottii*) Loblolly pine (*P. taeda*) and Parana Pine (*Araucaria angustifolia*) and an equivalent area in the neighbour province of Corrientes, where Eucaliptus and pines are dominant.

A total of 21 trees were selected and processed in order to obtain the specimen used in this research

Standards from ASTM (American Society for Testing and Materials) have been used for tension perpendicular to grain, cleavage, hardness and shear parallel to grain, while DIN standards (Deutsch Industries Norm) was utilized for static bending. IRAM norms (Argentine Institute for Rationalization of Materials) were used for determination of density, shrinkage and moisture contents.

A 10 ton. universal machine for testing was used for the mechanical determinations, and a Breuil volumenometer, Metler Scale, calipers, driers and other accessories for the physics constants.

The following results have been obtained:

1. *Density: gr/cm³*

At 12% moisture content: 0,54 gr/cm³
Ovendry condition: 0,50 gr/cm³
Ovendry weight and green volume (Basic): 0,44 gr/cm³

2. *Shrinkage: total%*

Tangential: 5,48
Radial: 4,05
Volumetric: 9,92

3. *Static bending:*

Moduli of rupture: 920 kg/cm²
Moduli of elasticity: 52.416 kg/cm²

4. *Tension perpendicular to grain: (kg/cm²)*

Tangential: 32
Radial: 40

5. *Cleavage (kg/cm)*

Tangential: 38
Radial: 41

6. *Yanka hardness (kg/cm²)*

Transversal: 432

Tangential: 384

Radial: 344

7. Shear parallel to grain (kg/cm²)

Tangential: 114

Radial: 112

Despite the fact we are facing a juvenile coniferous wood, the results achieved in this research are very promissory and allows us to compare favorably this wood with others fast growing conifers, both from natives or man - made forest.

Key - words:

Pinus elliottii- Misiones - physics and mechanics properties.

INTRODUCCION Y OBJETIVOS

Existen en la provincia de Misiones alrededor de 200.000 ha de bosques implantados, mayormente con especies de pinos exóticos, conocidos comúnmente como Pinos resinosos, siendo estos: *Pinus elliottii*, *Pinus taeda*, *Pinus patula*, *Pinus caribaea* etc. y una conífera nativa, *Araucaria angustifolia*. Completan la gama de especies reforestadas, aunque en menor escala, paraíso (*Melia azedarach*), *Eucaliptus grandis*, *Eucaliptus saligna* e híbridos de ambos y algunos centenares de hectáreas de Kiri (*Paulonia Sp*).

Estas reforestaciones proveen desde el comienzo de los '70, regularmente y en forma creciente, materia prima para la industria del aserrado y desde hace pocos años, para la del compensado (terciado) y del corte plano (chapas).

La mayor proporción de los bosques implantados corresponde a pinos exóticos, siendo el *Pino elliottii* el de mayor difusión, cuya reforestación masiva en Misiones comenzó en la década del '60, superando a araucaria, que fue la especie pionera en esta actividad. El pino taeda de excelente comportamiento, comienza a ser reforestado en gran escala a mediados de la década del '70, siendo actualmente la especie de mayor participación en las nuevas reforestaciones.

Tanto una especie como la otra, principales abastecedores de la industria celulósica - papelera instalada en la provincia proveen además rollizos para la industria del aserrado desde las primeras cortas de

aclareo (raleos), que comienzan generalmente a los 8/9 años de edad y que se continúan interviniendo las reforestaciones cada 2 a 4 años, de acuerdo con el manejo silvícola de las mismas y las condiciones del mercado.

La corta final de las reforestaciones (turno), que para araucaria se ha establecido algo arbitrariamente en 25 años, se reduce también algo arbitrariamente, a 20 ó 22 años en los pinos.

Una gran parte de la materia prima que abastece los aserraderos, proviene entonces, en el caso de los pinos, de árboles jóvenes, de diámetros relativamente bajos y con escasa madera de duramen, lo que acelera el ataque de hongos cromógenos.

Si se considera la superficie hoy reforestada en Misiones con pinos exóticos (1991), **cuya procedencia de origen es poco conocida o en gran parte desconocida** y araucaria, esta masa forestal tiene un potencial de producción de maderas aserradas, desde hoy hasta los próximos 20 años, **del orden de los 8000 millones de pies cuadrados**, lo que equivale a unos 400 millones de pie² anuales, o si se quiere, cerca de 1 millón de m³ de maderas aserradas, suficientes para abastecer el hoy deprimido mercado nacional y encarar con seriedad los mercados exteriores, considerando que las reforestaciones serán conducidas con las técnicas silvícolas adecuadas.

Sin embargo, poco es lo que se conoce acerca de las propiedades físicas y mecánicas de las maderas de éstas reforestaciones de coníferas que desarrollándose en distintos tipos de suelos, proveen al mercado rollizos de las más variadas edades.

La Cátedra de Tecnología de la Madera de la Facultad de Ciencias Forestales, con la presentación de los resultados de este estudio realizado sobre la madera de *Pino elliottii*, aporta su contribución al conocimiento de esta valiosa especie, considerando que los resultados obtenidos serán de interés para productores, industriales y profesionales forestales y de la construcción.

MATERIALES Y METODOS

A. Selección de los árboles y preparación del material leñoso

B. Equipo y material de laboratorio utilizado

C. Norma técnica empleada en los estudios. Probetas de ensayos

A. Selección de los árboles y preparación del material leñoso:

El material de ensayo se obtuvo de reforestaciones del Departamento de Iguazú, Misiones, una de las zonas de mayor superficie reforestada con pinos en esta provincia.

El clima de la región es subtropical húmedo, con precipitaciones del orden de los 1800 mm, repartida durante el año, sin estación seca. La temperatura máxima de verano alcanza 41°C y la mínima de invierno llega a -4°C.

Existe un período de heladas entre los meses de abril - mayo a agosto - septiembre.

Los suelos dominantes son lateríticos, rojos y profundos, provenientes de las descomposición de rocas basálticas, que aflora en algunos lugares. De acuerdo con la cartografía de suelos usual en la provincia, estos corresponden a la unidad cartográfica 9.

En menor proporción aparecen suelos hidromórficos, negros, clasificados como suelos de la unidad cartográfica 7.

Áreas con pendientes y pedregosos, poco aptos para la agricultura, clasificados como suelos de las unidades cartográficas 6A y 6B.

La altura sobre el nivel del mar es del orden de los 250 metros.

Toda la zona está o ha estado cubierta por una espesa selva subtropical, donde las especies características son el cedro (*Cedrela tubiflora*), incienso (*Myrocarpus frondosus*), lapacho (*Tabebuia ipe*), peteribí (*Cordia trichotoma*), guatambú (*Balfourodendron riedelianum*), ivirá pitá (*Peltophorum dubium*), ivirá peré (*Holocalix balansae*), timbó (*Enterolobium contortisiliquum*), laureles (*Nectandra Sp*), guayca (*Ocotea puberula*) etc., selva que se continúa en los vecinos estados de Brasil y Paraguay.

El material de ensayos se obtuvo en reforestaciones del Departamento ya citado, localizándose áreas de diferentes edades y en lo posible, dentro de una misma población, superficies reforestadas sobre

suelos de las unidades cartográficas 9, 7 6A y 6B.

La elección de los árboles para ensayo se realizó al azar, dentro de estas superficies, entre los ejemplares cuyo DAP correspondiese a la media calculada en un relevamiento previo de la zona. Estos árboles debían estar libres de defectos, como ser bifurcación del fuste, rajaduras, ataques de hongos o insectos, torcido etc. y poseer el fenotipo característico de la especie en el lugar.

Generalmente se trabajó en forestaciones cuya densidad inicial de plantación fue de 2000 árboles por hectárea pero que al momento de la selección de los árboles esa densidad variaba entre 800 y 1200 ejemplares por hectárea después de una o dos cortas de aclareos (raleos).

Seleccionados los ejemplares, fueron numerados y registrados, procediendo a marcar el norte en los troncos para proseguir luego con su tala, desrame y medición, marcando toras o trozas de 1,20 m de longitud denominadas A, B, C, etc. a partir de la base. Por razones operativas relacionadas con los diámetros de las trozas y demarcación de los listones a extraer de cada una de ellas, ubicados en los extremos de los diámetros N-S y E-O, se decidió usar para los ensayos mecánicos, salvo excepciones, las dos trozas inferiores A y B es decir, hasta los 2,40 m de altura.

El material seleccionado y elaborado en cada jornada fue extraído y transportado al aserradero de la Compañía Perez Compans, donde se almacenó hasta el momento del aserrado, previo tratamiento con pentaclorofenato de sodio para evitar el ataque de hongos cromógenos. En los cabezales de las trozas fueron marcados cuatro listones de sección cuadrada de 60 mm de lado, en coincidencia con los puntos cardinales. Estos listones de los que en pasos subsiguientes se obtendrían las probetas de ensayo, fueron identificados con tarjetas en las que contaba el N° del árbol, la letra de la tora y la ubicación relativa. (Figura 1).

Aserrado, preservación y estacionamiento:

Las trozas fueron aserradas para obtener los cuatro listones demarcados. En al-



Fig. 1: Trozas con listones demarcados, preservadas y listas para el aserradero.

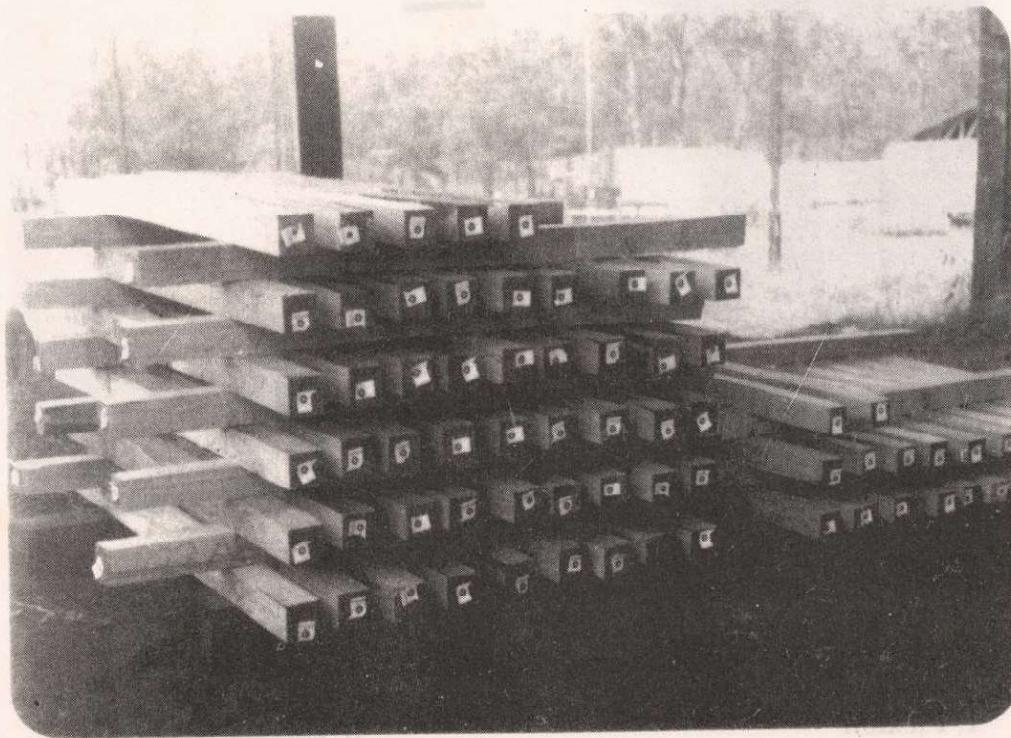


Fig. 2: Listones preservados en proceso de secado bajo cubierta.

gunos casos, tratándose de trozas de pequeño diámetro se lograron sólo dos listones.

Todas las piezas aserradas fueron preservadas en baño de inmersión, en solución acuosa al 2% de pentaclorofenato de sodio, durante 30 a 40 segundos, antes de ser acondicionadas para el estacionamiento bajo tinglado. (Figura 2)

Una vez secos, los listones se llevaron a carpintería, donde se cepillaron hasta una escuadría de (50 x 50) mm, procediendo a marcar e identificar las probetas para los diversos ensayos mecánicos y físicos, según los requerimientos de las normas IRAM, DIN y ASTM empleadas. (Figura 3)

El número y tipo de probetas obtenido de cada listón cepillado fue variable y en algunos casos nulo, debido a las condiciones y defectos del material, causados principalmente por los nudos y orientación del grano de la madera, rajaduras o bolsas de resina.

Número de árboles seleccionados, diámetros, suelos y edades:

Si bien en reuniones mantenidas por el Comité Nacional de Ensayos de Maderas, del cual participa la Facultad de Ciencias Forestales, por intermedio de la Cátedra de Tecnología de la Madera, se había acordado

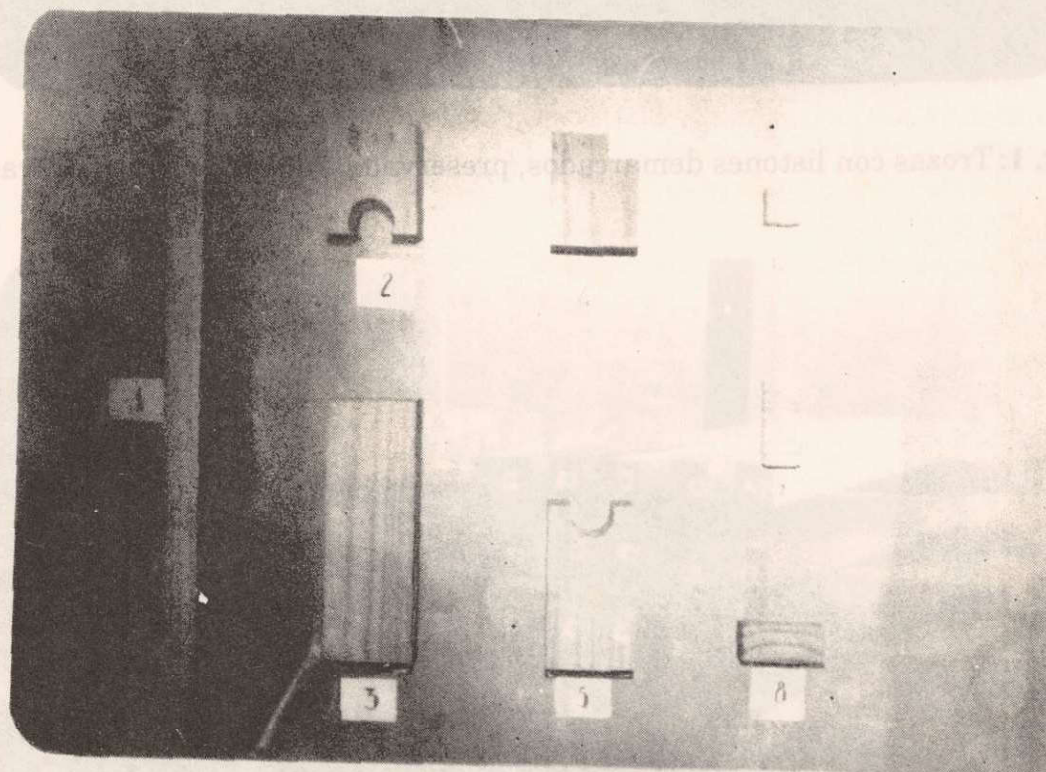


Fig. 3: Probetas para ensayos físicos y mecánicos

- | | |
|--|--------------------------|
| 1. Flexión | 5. Clivaje |
| 2. Tracción perpendicular a las fibras | 6. Densidad |
| 3. Dureza yanka | 7. Retracción radial |
| 4. Corte paralelo a las fibras | 8. Retracción tangencial |

que el número de ejemplares de las distintas especies a estudiar en el país, sería de seis individuos; a fin de hacer económicamente viables los ensayos, en este caso se consideró conveniente aumentar ese número con el propósito de abarcar diversas edades de reforestaciones y los tres tipos de suelos característicos sobre los que se desarrollan las reforestaciones de *Pino elliottii*.

En tal forma se trabajó sobre material extraído de 21 árboles, correspondiendo 12 ejemplares al complejo 9, 6 ejemplares al complejo 7 y 3 ejemplares a suelos de los complejos 6A/6B.

Con relación a las edades de los árboles, si bien se las agrupa en una única categoría de 13 a 18 años, corresponden 6 ejemplares a 13 años, 3 ejemplares son de 15 años, 9 ejemplares de 16 años y 3 de 18 años.

Los diámetros de los árboles a 1,30 m de altura, para los diferentes suelos y edades se observan en la siguiente Tabla:

Tabla 1. Diámetros de los árboles seleccionados y las edades y suelos correspondientes

Unidad cartográfica	Diámetros DAP cm			
	Edad 13	15	16	18
9	22,2	24,4	23,2	25,8
7	20,7	—	24,7	—
6A/6B	—	—	20,9	—

B. Equipo y material de laboratorio utilizado

Para los ensayos físicos de densidad, retracciones y humedad se utilizaron los siguientes elementos (González et al: Densidad de la madera.):

a. Volumenómetro de Breuil, marca CIFIC, fabricado en la Argentina, aparato que opera por desplazamiento de mercurio, por medio de un tornillo micrométrico, que permite apreciar lecturas con precisión de 5 mm³, tanto en muestras regulares como irregulares. (Figura 4)

b. Balanza eléctrica Metler, apta para pesajes de hasta 110 gr, con precisión de 0,1 mg.

c. Estufa de secado con termostato, para regular temperaturas de 103°C ± 1°C.

d. Calibre con precisión de medidas de 0,02 mm.

e. Desecadores y cubetas.

Para los ensayos mecánicos se utilizó una máquina universal de ensayos, marca CIFIC, de Industria Argentina, de 10 toneladas de capacidad, con cuatro escalas de operación, de 1, 2, 5 y 10 toneladas, conectada a un gabinete de trabajo y control de la misma fabricación, que permite apreciar cargas mínimas de 2,5 kg. Posee cilindro inscriptor de curvas de flexión y compresión. (Figura 5)

Diversos accesorios aplicables a esta máquina permiten realizar los siguientes ensayos:

1. Flexión estática
2. Dureza Yanka
3. Compresión paralela y perpendicular a las fibras
4. Tracción paralela y perpendicular a las fibras
5. Corte o cizallamiento
6. Hendidura o clivaje
7. Arrancamiento de clavos y tornillos

C. Normas técnicas empleadas en los estudios. Probetas de ensayos.

Ensayos físicos

Para las determinaciones de densidad y retracciones, se emplearon las Normas Técnicas IRAM (Instituto Argentino de Racionalización de Materiales) N° 9544 y 9543 respectivamente y para la determinación de humedad de las probetas utilizadas en los ensayos mecánicos, la Norma IRAM N° 9532.

Para densidad se emplearon probetas cúbicas de 20 mm de lado (Fig. 3/6) y para retracciones, probetas prismáticas cúbicas de 50 mm de longitud y sección cuadrada de 20 mm de lado, (Fig. 3/7 y 8), con el grano orientado en forma tal, que la dimensión mayor corresponda al sentido de la retracción que se quiere determinar.

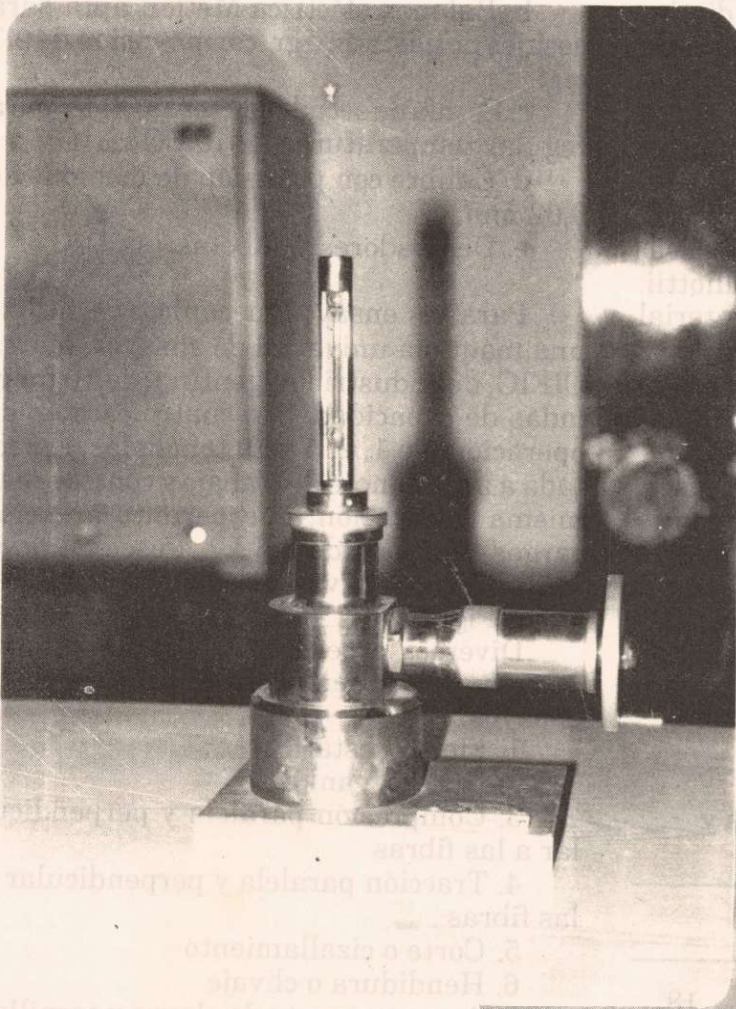
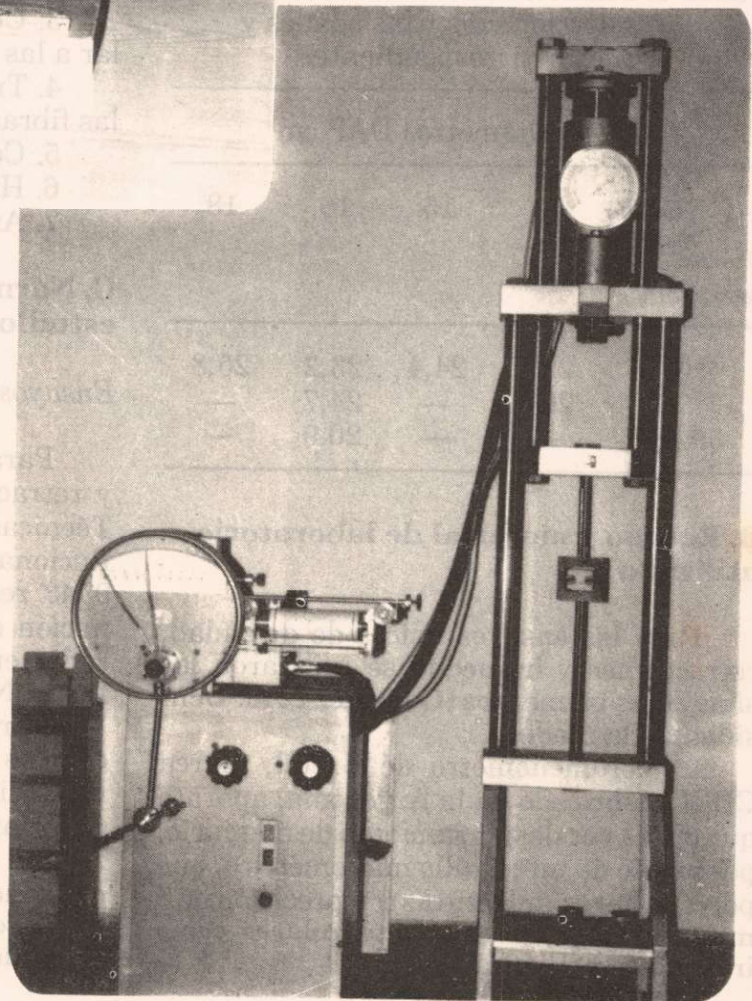


Fig. 4: Volumenómetro de Breuil

Fig. 5: Máquina universal de ensayos mecánicos, marca CIFIC con su cabezal inscripto y regulador de tensiones a la izquierda.

A la derecha, prensa, manómetro general y probeta de tracción perpendicular a las fibras, con su mordaza, durante un ensayo.



Ensayos mecánicos

Flexión estática

Se trabajó según Norma DIN N° 52186 (Deutsche Industrie Norm), ensayando probetas libres de defectos, prismáticas, de 36 cm de longitud y sección cuadrada de 2 cm de lado (Fig. 3/1). La distancia entre apoyos es de 30 cm aplicándose la carga tangencialmente a los anillos de crecimiento, a una velocidad de 400 a 500 kg/cm² por minuto, siendo la relación L/h = 18 y l/h = 15.

El módulo de ruptura se ha calculado según la fórmula:

$$\rho = \frac{3 P l}{2 b h^2}$$

donde:

- P: Carga de rotura en kg
- l: Luz entre apoyos en cm
- b: Ancho de la probeta en cm
- h: Altura de la probeta en cm
- ρ : Módulo de ruptura en kg/cm²

El módulo de elasticidad se calculó aplicando la siguiente ecuación:

$$E_f = \frac{P \cdot l^3}{4 y b h^3}$$

donde:

- Ef: Módulo de elasticidad a la flexión en kg/cm²
- l: Distancia entre apoyos en cm.
- P: Carga en kg en el **límite proporcional**
- y: Deflexión en el límite proporcional en cm.
- b: Ancho de la probeta en cm
- h: Altura de la probeta en cm

Tracción perpendicular a las fibras:

Se realizaron los ensayos según la Norma ASTM 143/52, que prevé probetas de sección cuadrada de 50 mm de lado y 63 mm de longitud. En sus extremos presentan dos escotaduras cilíndricas de 25 mm de diámetro donde se fijarán las mordazas de tracción, cuyos centros se encuentran a 6 mm de las superficies transversales, dejando una sección mínima de tracción de 25 mm por el ancho de la probeta, 50 mm.

De acuerdo con la orientación de los anillos de crecimiento la aplicación de la carga de tracción tendrá sentido radial o tangencial a los anillos de crecimiento y en tal forma se darán los resultados. La velocidad de aplicación de la carga es de 1 mm por minuto. (Fig. 5 y 12).

Rajadura o clivaje:

Los ensayos se realizaron según las Normas ASTM 143/52. Las probetas son prismáticas, de sección cuadrada, de 50 mm de lado y 95 mm de longitud. En uno de sus extremos presenta una escotadura cilíndrica todo a lo ancho de la probeta, de 25 mm de diámetro y cuyo centro se ubica a 6 mm de la superficie transversal.

Las probetas se orientan de tal forma que la fuerza aplicada resulte tangencial o radial respecto de los anillos de crecimiento. La velocidad de aplicación de la carga es de 2,5 mm por minuto (Fig. 7 y 11).

Dureza Yanka:

Norma ASTM 143/52. Se utilizaron probetas de sección cuadrada de 50 mm de lado y longitud de 150 mm, perfectamente orientadas, de tal forma que dos caras opuestas presenten superficies tangenciales, 2 radiales y 2 transversales, efectuándose un ensayo en cada superficie. Se informan las durezas medias para cada una de las superficies.

El dispositivo de ensayo consta de un cabezal con una semiesfera de acero de 11,28 mm de diámetro, la que, al ser introducida en la madera, deja una impronta de sección circular de 1 cm² de superficie. Un anillo móvil permite determinar la penetración total de la semiesfera (Fig. 8). Velocidad de carga: 6 mm/minuto.

Corte o cizallamiento paralelo a las fibras:

Se utilizan probetas prismáticas de 62,5 mm de longitud y sección cuadrada de 50 mm de lado. En uno de los extremos, la probeta presenta un escalón de 19 mm de base por 12,5 mm de altura, y longitud de 50 mm, donde se aplica la carga por intermedio de un pistón. El conjunto está encerrado en una armadura de acero, como se observa en las Figuras 9 y 10.

Fig. 6: Ensayo de flexión estática. Se observan el dispositivo de carga, los apoyos móviles, el manómetro general y desde atrás, el deflectómetro.

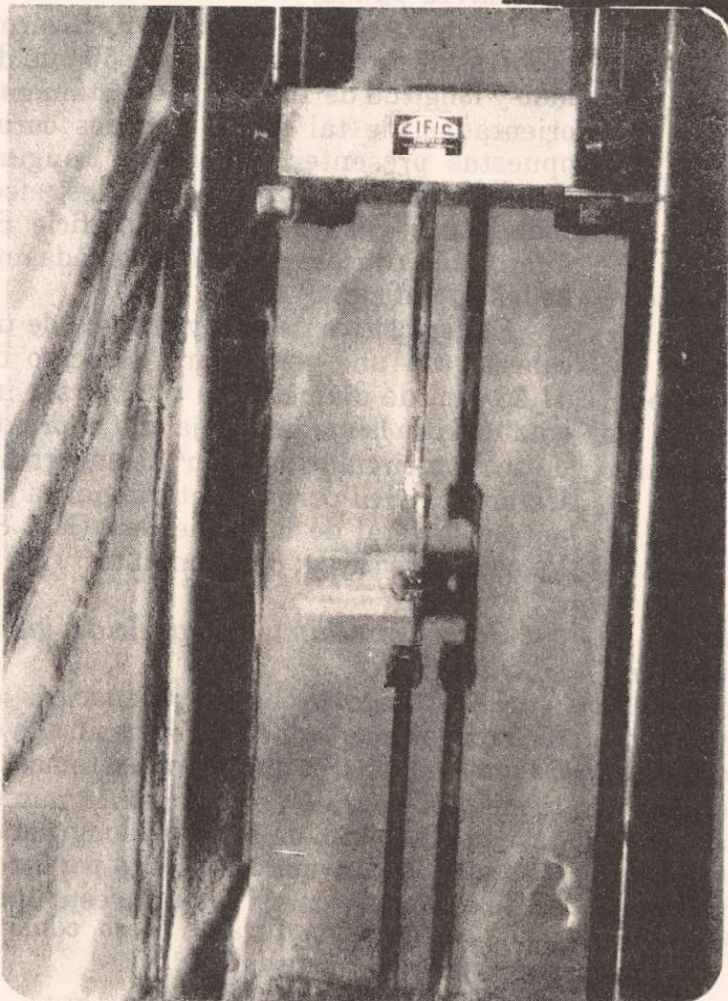
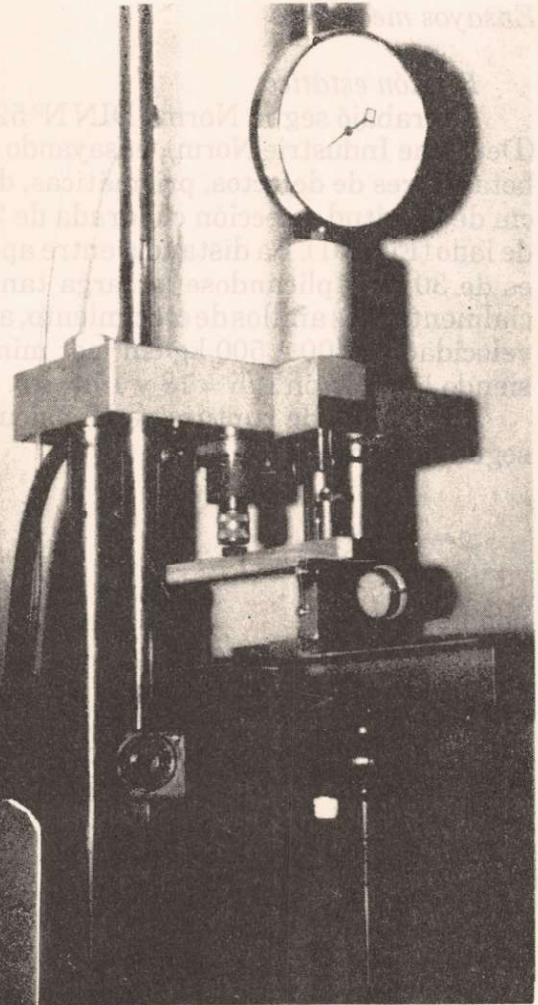


Fig. 7: Probeta de clivaje durante el ensayo.

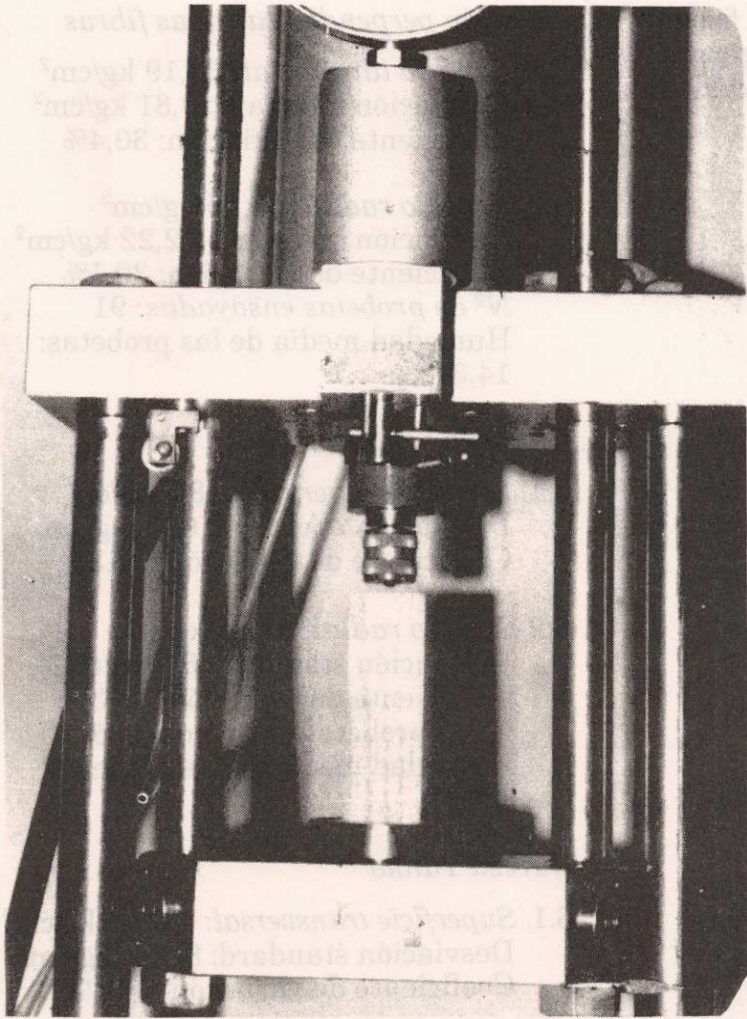
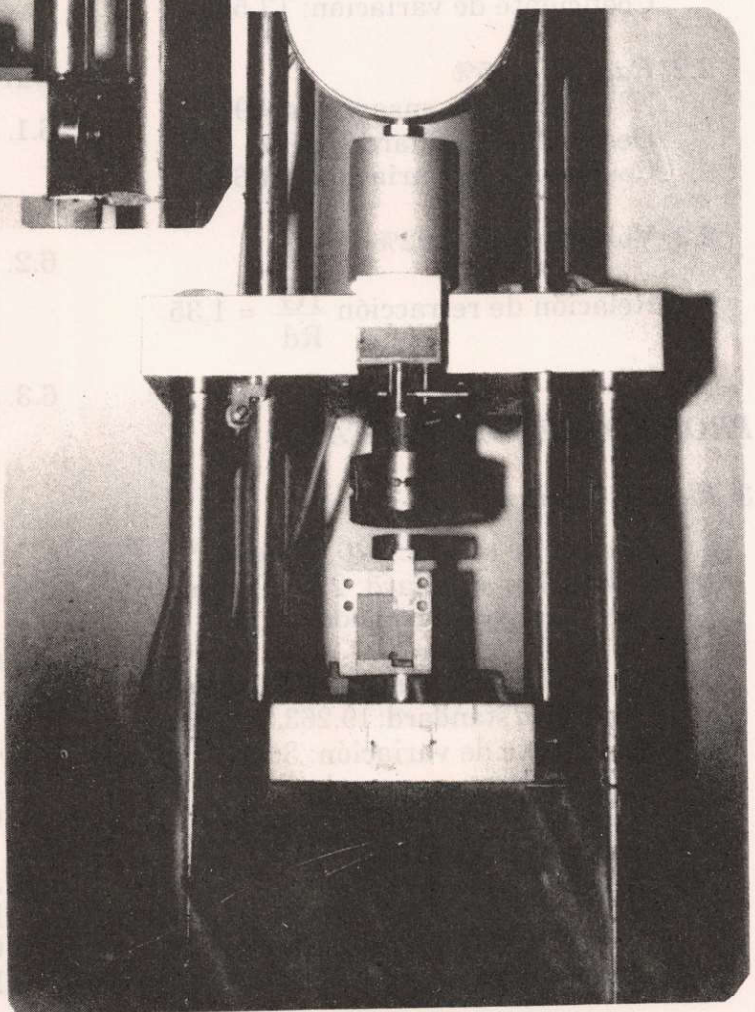


Fig. 8: Ensayo de dureza Yanka en superficie transversal. Se observa la semiesfera de acero de 11,28 mm de diámetro y el anillo móvil de fin de carrera.

Fig. 9: Ensayo de corte paralelo a las fibras. Se observa la probeta encerrada en la armadura de acero, el pistón y el cabezal móvil con rótula.



Las probetas se orientan de tal forma que la sección de corte sea radial o tangencial a los anillos de crecimiento. La velocidad de carga es de 0,6 mm por minuto.

RESULTADOS:

Número de árboles ensayados: 21

PROPIEDADES FISICAS

1. Densidad (Op. cit.)

- 1.1. Densidad de la madera anhidra:
0,50 gr/cm³
- 1.2. Densidad aparente (12% H):
0,54 gr/cm³
- 1.3. Densidad básica: 0,44 gr/cm³

2. Retracciones totales

- 2.1. *Tangencial*: 5,48%
Nº de probetas ensayadas: 66
Desviación standard: 0,74%
Coeficiente de variación: 13,5%
- 2.2. *Radial*: 4,05%
Nº de probetas ensayadas: 59
Desviación standard: 0,59%
Coeficiente de variación: 14,6%
- 2.3. Volumétrica: 9,92%
- 2.4. Relación de retracción $\frac{TG}{Rd} = 1,35$

PROPIEDADES MECANICAS:

3. Flexión estática

- 3.1. *Módulo de rotura*: 920,68 kg/cm²
Desviación standard: 239,09 kg/cm²
Coeficiente de variación: 25,4%
- 3.2. *Módulo de elasticidad*: 52.416,88 kg/cm²
Desviación standard: 19.263,59 kg/cm²
Coeficiente de variación: 36%
Nº de probetas ensayadas: 76
Humedad media de las probetas estacionadas: 13,4%
Cota de rigidez =
$$\frac{L \text{ luz entre apoyos}}{f \text{ flecha carga de rot.}} = \frac{30 \text{ cm}}{1,25 \text{ cm}} = 24$$

4. Tracción perpendicular a las fibras

- 4.1. *Sentido tangencial*: 32,19 kg/cm²
Desviación standard: 9,81 kg/cm²
Coeficiente de variación: 30,4%
- 4.2. *Sentido radial*: 40,55 kg/cm²
Desviación standard: 12,22 kg/cm²
Coeficiente de variación: 30,1%
Nº de probetas ensayadas: 91
Humedad media de las probetas: 14,39%

5. Clivaje o hendidura

- 5.1. *Sentido tangencial*: 38,6 kg/cm
Desviación standard: 6,61 kg/cm
Coeficiente de variación: 17,3%
- 5.2. *Sentido radial*: 41,51 kg/cm
Desviación standard: 6,8 kg/cm
Coeficiente de variación: 16,3%
Nº de probetas ensayadas: 55
Humedad media de las probetas: 13,8%

6. Dureza Yanka

- 6.1. *Superficie transversal*: 432,81 kg/cm²
Desviación standard: 88,31 kg/cm²
Coeficiente de variación: 20,4%
- 6.2. *Superficie radial*: 344,47 kg/cm²
Desviación standard: 60,75 kg/cm²
Coeficiente de variación: 17,6%
- 6.3. *Superficie tangencial*: 384,82 kg/cm²
Desviación standard: 86,53 kg/cm²
Coeficiente de variación: 22,4%
Nº de probetas ensayadas: 41
Nº de ensayos realizados: 246
Humedad media de las probetas: 13,5%

7. Corte o cizallamiento paralelo a las fibras

- 7.1. *Superficie tangencial*: 114,00 kg/cm²
Desviación standard: 19,88 kg/cm²
Coeficiente de variación: 17,4%
- 7.2. *Superficie radial*: 112,45 kg/cm²
Desviación standard: 18,68 kg/cm²
Coeficiente de variación: 16,6%
Nº de probetas ensayadas: 54

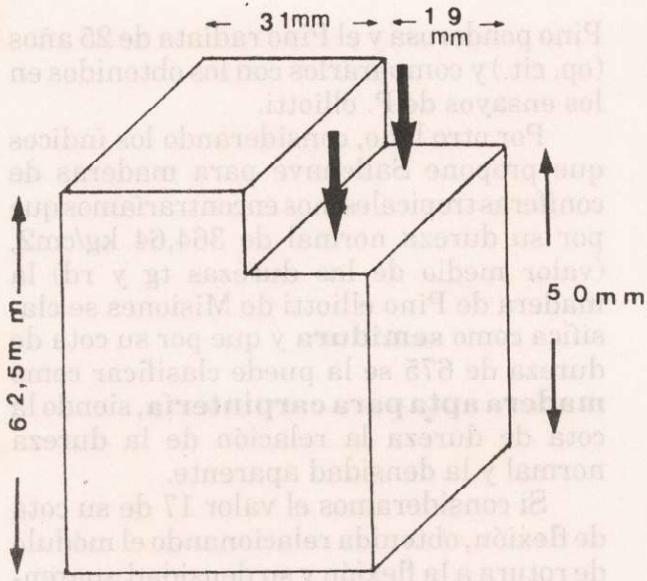


Fig. 10: Probeta de corte.

Fig. 11: Probeta de clivaje.

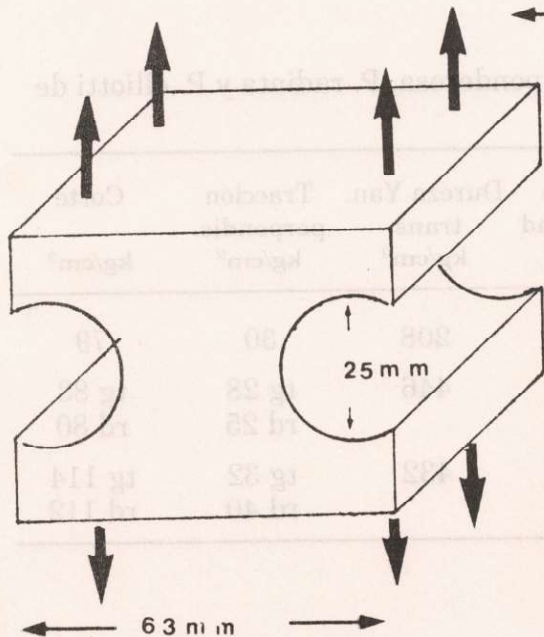
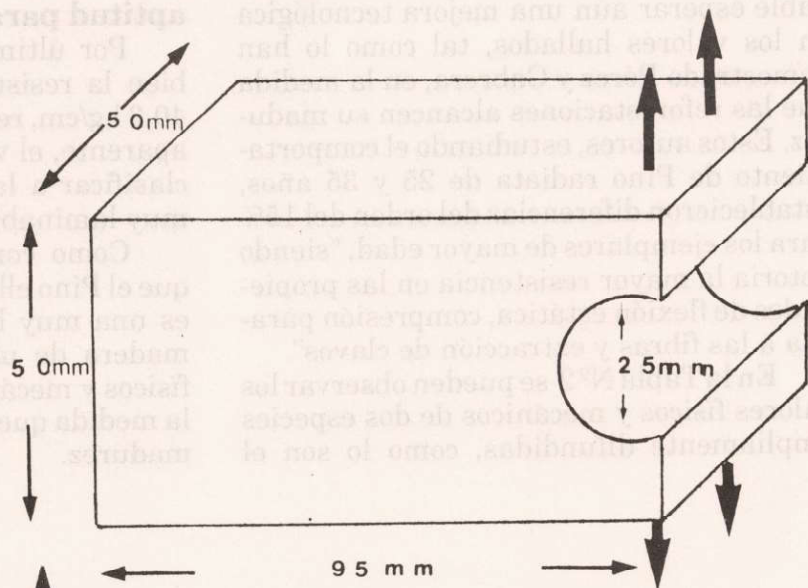


Fig. 12: Probeta de tracción perpendicular a las fibras.

Humedad media de las probetas:
14,1%

DISCUSION Y CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en los ensayos de las maderas de 21 ejemplares de Pino elliotti, nos permite afirmar que nos encontramos ante un material leñoso de características equiparables a las de otros pinos de rápido crecimiento, con los que puede compararse satisfactoriamente, no obstante encontrarnos aún en presencia de madera joven.

Si consideramos, según Panshing, que la edad juvenil de los pinos varía entre los 5 y 20 años, se podría convenir que esta madera sea catalogada como tal, por lo que es dable esperar aún una mejora tecnológica en los valores hallados, tal como lo han demostrado Pérez y Cabrera, en la medida que las reforestaciones alcancen su madurez. Estos autores, estudiando el comportamiento de Pino radiata de 25 y 35 años, establecieron diferencias del orden del 15% para los ejemplares de mayor edad, "siendo notoria la mayor resistencia en las propiedades de flexión estática, compresión paralela a las fibras y extracción de clavos".

En la Tabla N° 2 se pueden observar los valores físicos y mecánicos de dos especies ampliamente difundidas, como lo son el

Pino ponderosa y el Pino radiata de 25 años (op. cit.) y compararlos con los obtenidos en los ensayos de P. elliotti.

Por otro lado, considerando los índices que propone Sallenave para maderas de coníferas tropicales, nos encontraríamos que por su dureza normal de 364,64 kg/cm², (valor medio de las durezas tg y rd) la madera de Pino elliotti de Misiones se clasifica como **semidura** y que por su cota de dureza de 675 se la puede clasificar como **madera apta para carpintería**, siendo la cota de dureza la relación de la dureza normal y la densidad aparente.

Si consideramos el valor 17 de su cota de flexión, obtenida relacionando el módulo de rotura a la flexión y su densidad aparente, esta madera demuestra nuevamente su **aptitud para carpintería**.

Por último, siguiendo a Sallenave, si bien la resistencia al clivaje es pequeña, 40,3 kg/cm, relacionándola con su densidad aparente, el valor 0,746 obtenido, permite clasificar a la madera de P. elliotti como muy laminable.

Como conclusión, se puede asegurar que el Pino elliotti reforestado en Misiones, es una muy buena especie productora de madera de uso industrial, cuyos valores físicos y mecánicos mejorarán aún más, en la medida que las plantaciones alcancen su madurez.

Tabla 2. Propiedades físicas y mecánicas de Pino ponderosa, P. radiata y P. elliotti de Misiones.

Especie	Densidad básica gr/cm ³	Flex. est. Mód. rotura kg/cm ²	Modulo elasticidad kg/cm ²	Dureza Yan. trans. kg/cm ²	Tracción perpendic. kg/cm ²	Corte kg/cm ²
Pino ponderosa	0,38	658	90.000	208	30	79
P. radiata 25 años	0,46	688	99.280	446	tg 28 rd 25	tg 83 rd 80
P. elliotti Misiones	0,44	920	52.416	432	tg 32 rd 40	tg 114 rd 112

AGRADECIMIENTO

Al Ingeniero Forestal Héctor Crechi por su colaboración en la selección de los árboles a ensayar.

A la Compañía Naviera Perez Companc, que posibilitó la extracción de los árboles de su establecimiento San Jorge, seleccionados para el estudio, facilitando personal y equipos para la tala, transporte y aserrado de los mismos.

A los Ingenieros Forestales Jorge Aguilar Pozzer, Ricardo Bogado y Graciela Flores por su colaboración como becarios, en algunos de los ensayos.

Al Ingeniero Agrónomo y Docente de esta Facultad, Jorge Vizcarra Sánchez por su paciencia y dedicación en la obtención de algunas de las fotografías que ilustran esta publicación.

BIBLIOGRAFIA

ASTM Standard D 143-52. Standard method of testing small clear specimen of timber. Reapproved 1972. USA.

DIN Deutsch Industrie Norm N° 52186

GONZALEZ, Raúl A., OTAZU O., PEREYRA O. y BOGADO R. Densidad de la madera de tres especies de pinos cultivados en la Prov. de Misiones. UNaM. Pdas, 1988.

IBDF Amazonian Timbers. Characteristic and utilization. Vol II. Foreign spe-

cies for light construction and mill work. Brasilia, 1982.

IRAM Norma técnica N° 9543: Método de determinación de las contracciones totales, axil, radial y tangencial. Buenos Aires, 1966.

IRAM Norma técnica N° 9544: Método de determinación de la densidad aparente. Buenos Aires, 1973.

IRAM Norma técnica N° 9532. Maderas. Método para la determinación de la humedad. Buenos Aires, 1963.

HOHEISEL, Hannes. Estipulaciones para los ensayos de propiedades físicas y mecánicas de la madera. Mérida, Venezuela, 1968. II Parte: Estipulaciones e instrucciones sobre recolección de probetas de ensayos.

KOLLMANN, Franz E.P. y COTE, W. A., Jr. Principles of Science and Technology. I. Solid wood. New York, 1968.

PANSHING, A. J. de ZEEUW, Carl. Textbook of wood Technology. New York, 1980.

PEREZ, Vicente A. y CABRERA, Jorge. Incidencia de la edad del árbol sobre las propiedades físicas y mecánicas de Pino radiata. Chile Forestal. Rep. por Centro Ed. Maderero Argentino, N° 60, 1987.

SALLENAVE, P. Propriétés physiques et mécaniques des bois tropicaux. Nogent-sur-Marne, Centre Technique Forestier Tropical, 1971.

SUMMARY

It is described here an illness that affects the Australian cedars - *Toona ciliata* M. Roem, which are cultivated in the Province of Misiones, whose symptomatology is characterized by the presence of tumors or gallnuts in the trunk and branches, which can be observed in one year old plants and which are variable in number location and size in the tree; these gallnuts reach their maximum development and diameter in specimens older than 10 years.

(*) Ing. Agr. Profesor Titular e Investigador del Instituto Forestal de la Facultad de Ciencias Forestales de Eldorado, Misiones.
(**) Ing. Fiel. Jefe de Trabajos Prácticos y Aux. de Investigación de Patología Fiel de la Fac. de Ciencias Forestales Eldorado, Misiones.
(***) Ing. Agr. Investigador Adjunto CIC- Buenos Aires. C&T Fitopatología - Fac. Cs. Agrarias y Forestales, La Plata, Buenos Aires.