

Identificación del Trabajo	
Área:	Estructura - Materiales
Categoría:	Alumno / Graduado
Regional:	Facultad Regional Venado Tuerto

Determinación de las características estructurales de la especie **ÁLAMO AUSTRALIANO 129/60.**

Judith CRIADO, Marianela GIANNINI, Yanina MACERATA, Ebelyn RATTO

G.I.D.E.C. (Laprida Nº 651, Venado Tuerto), Facultad Regional Venado Tuerto, UTN

E-mail de contacto: gidec@frvt.utn.edu.ar

Este trabajo ha sido realizado bajo la dirección del Ing. Alfredo A. Guillaumet, el Ing. Roberto D. Manavella y la Ing. María Cecilia Filippetti, en el marco del proyecto "Caracterización para uso estructural de la madera *Populus deltoides* ecinivt0003563tc.". (01/01/2015 – 31/12/2017)

Resumen

La madera de los clones de *Populus deltoides* Australiano 129/60 y Stoneville 67 cultivados en el delta del río Paraná poseen un sistema de clasificación visual resistente y sus características estructurales descritas en la norma IRAM 9662/4. Para los mismos clones cultivados en el Noroeste de la provincia de Buenos Aires no existen estudios que acrediten sus propiedades. En este trabajo se determinan las características estructurales de tablas aserradas de 25x100x500 mm. del clon Australiano 129/60 provenientes de la localidad de Morse. La muestra se clasificó visualmente de acuerdo a norma IRAM 9662/4 y los ensayos se realizaron de acuerdo a la norma UNE-EN 408:2011. Los valores obtenidos de resistencia a la flexión son 31 N/mm² y 23 N/mm²; módulo de elasticidad 11.286 N/mm² y 10.396 N/mm² y densidad de 437 Kg/m³ y 431 Kg/m³ para las clase 1 y 2 respectivamente. Estos valores son superiores a los de la norma IRAM 9662/4.

Palabras Claves: Álamo Australiano; Madera estructural; *Populus deltoides*; Clasificación Visual

1. Introducción y Objetivo

La utilización de la madera en la construcción data de muy antiguo en el mundo. Nuestro país, con poca tradición en construcción con madera, le asignó a este material un papel secundario dentro de la ejecución de obras. Durante mucho tiempo se utilizaron especies nativas de madera dura con importantes propiedades mecánicas. La protección del bosque nativo y los planes de forestación para especies de rápido crecimiento orientan el consumo de madera para la construcción hacia la mencionada especie y coloca a los profesionales de la construcción ante la situación de utilizar un material cuyas propiedades estructurales no conocen con certeza.

La redacción del Reglamento CIRSOC 601 "Reglamento Argentino de Estructuras de Madera" exige aumentar el conocimiento sobre el comportamiento mecánico de las especies de acuerdo a su lugar de procedencia. Debemos considerar que cada especie posee un comportamiento distinto, que además está influenciado por el lugar de cultivo y los tratamientos silviculturales aplicados a la plantación. De modo tal que la utilización en estructuras de un material que no esté estudiado adecuadamente, nos podría conducir a un sobredimensionamiento con el consecuente derroche de material, o a estructuras riesgosas, muy deformables o poco durables. Al día de la fecha los estudios sobre la aptitud de la madera en la construcción de estructuras son escasos, por ello la importancia de realizar trabajos de investigación que permitan incorporar más

combinaciones de especie - procedencia a ese cuerpo normativo. En la actualidad solo cuatro especies del litoral Argentino (Pino Elliotti del norte de Corrientes y Misiones, Pino Paraná de Misiones, Eucaliptus Grandis de Entre Ríos y Álamo del Delta del Río Paraná) poseen antecedentes de ensayos de piezas de dimensiones estructurales y están contemplados en Normas IRAM.

Existen numerosos trabajos que sitúan a la madera de *Populus deltoides* de otras procedencias y clones con aptitudes para su uso estructural, Guillaumet et al 2014, Genovese et al 2014, Fank et al 2014.

Dentro de las especies de reforestación de rápido crecimiento se destaca por su potencial el álamo, y si se considera como zona de cultivo el Noroeste de la provincia de Buenos Aires (Morse) se aprecia su cercanía a un mercado de consumo potencial muy importante. La provincia de Buenos Aires presenta un gran potencial para el desarrollo de proyectos forestales, tanto en suelos aptos para la agricultura tradicional, como también en aquellos usualmente utilizados con fines ganaderos. La instalación de montes de reparo, cortinas forestales y macizos representa una alternativa agroforestal posible, rentable y permite realizar una diversificación de la producción cada vez más concentrada en los cultivos anuales.

La zona presenta crecimientos promisorios para el establecimiento de montes con fines productivos, alcanzando a los 17 años, un diámetro medio de 33,88 cm, una altura dominante de 36,28 m y un volumen total con corteza por hectárea de 394,44 m³.ha. (Ferrere et al 2014).

El objetivo del presente trabajo es determinar la resistencia a flexión, módulo de elasticidad y densidad en maderas *Populus deltoides*, del clon `Australiano 129/60´ clasificado visualmente de acuerdo a los lineamientos de norma IRAM 9662/4.

2. Metodología.

2.1 Materiales

La madera utilizada es Álamo Australiano 129/60 proveniente de plantaciones del noroeste de la provincia de Buenos Aires (Morse). El material se recibió, en forma de tablas aserradas y cepilladas, con denominación de origen que permite registrar la trazabilidad de la muestra.



Figura 1: Selección de especie

2.2 Método

El ensayo se realizó sobre 150 tablas de 25 x100 x 500 mm. y fueron estabilizadas en cámara a una temperatura de 20 ± 2 °C y a una humedad relativa ambiente de 65 ± 5 %.

Se procedió al relevamiento de defectos, la cantidad y dimensión de nudos, presencia de médula, ataque biológico, anillos de crecimiento y otros.

En las figuras 2 y 3 se muestran los métodos para medir la dimensión de los nudos, según el criterio de norma IRAM 9662/4. (Ver ANEXO Tabla I)

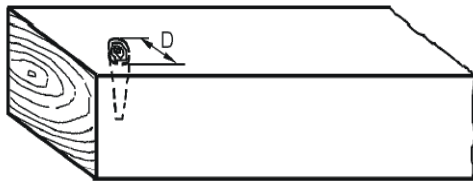


Figura 2. Medición de nudo de cara

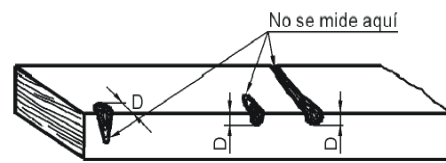


Figura 3. Medición de nudo de arista

Las tareas se desarrollaron en el Grupo GIDEC (Grupo de Investigación y Desarrollo de Estructuras Civiles) de la Facultad Regional Venado Tuerto de la Universidad Tecnológica Nacional.

Para los ensayos se respetaron las prescripciones de la norma UNE-EN 408:2011. La figura 4 presenta un esquema del ensayo.

Se determina la densidad y la humedad de cada probeta de acuerdo a la norma ISO 3131 y la ISO 3130 respectivamente.

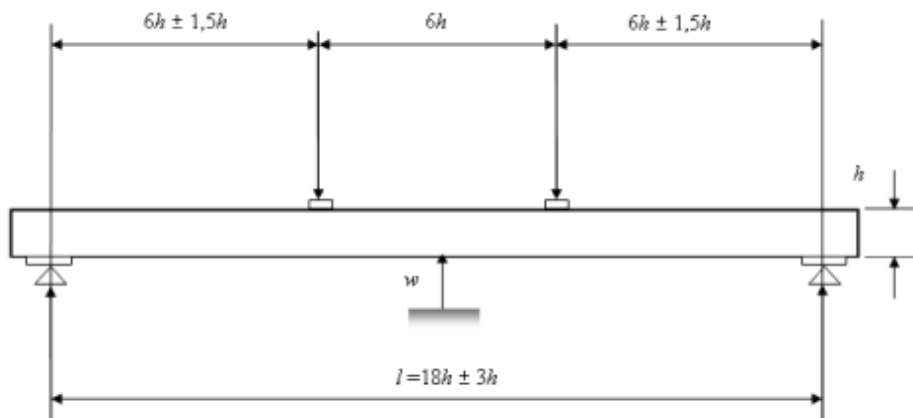


Figura 4 .Método de ensayo

Para determinar la resistencia a flexión se aplicó la siguiente ecuación

$$f_m = \frac{3 Fa}{bh^2} \quad (1)$$

Donde:

f_m : resistencia a la flexión, en newton por milímetro cuadrado.

F: carga, newton.

a: distancia entre un punto de carga y el apoyo más próximo, en milímetros.

b: anchura de la sección transversal, en milímetros.

h: altura de la sección en los ensayos de flexión, en milímetros.

Para determinar el módulo de elasticidad global se aplicó la siguiente ecuación

$$E_{m,g} = \frac{3al^2 - 4a^3}{2bh^3 \left(2 \frac{w_2 - w_1}{F_2 - F_1} - \frac{6a}{5Gbh} \right)} \quad (2)$$

Donde:

$E_{m,g}$: módulo de elasticidad global en flexión, en newton por milímetro cuadrado

l : longitud entre apoyos, en milímetros.

$F_2 - F_1$: incremento de carga en newton.

$w_2 - w_1$: incremento de deformación en milímetros para $F_2 - F_1$.

G : módulo de elasticidad transversal, en newton por milímetro cuadrado.

Para determinar el contenido de humedad se aplicó la siguiente ecuación

$$H = (Ph - Ps) / Ps \quad (3)$$

Donde:

H: contenido de humedad determinado en cada probeta.

Ph : Peso húmedo de la muestra (antes de colocarlas en Horno), en gramos.

Ps : Peso seco de la muestra (después de retirarlas del horno), en gramos.

Para determinar la densidad de la muestra se aplicó la siguiente ecuación

$$\rho = Ph/V \quad (4)$$

Donde:

Ph : Peso húmedo de la muestra (antes de colocarlas en Horno), en gramos.

V : Volumen de la muestra, en mm^3 .

Se presentan los valores de resistencia a la flexión, ajustada a la altura de referencia de 150mm, el módulo de elasticidad y la densidad a la humedad de referencia del 12%, de acuerdo a lo establecido según Norma UNE-EN 384:2010.

Para la medición de cargas se utilizó una celda de carga máxima 20000 N y carga mínima 10 N a través de una rótula móvil para evitar excentricidad de carga. Las deformaciones se determinaron a través de un comparador de precisión de 0.01 mm., hasta 3500 N en escalones de 500 N de carga. La figura 5 ilustra los dispositivos de ensayo y de medición de deformaciones.



Figura 5 .Dispositivo de ensayo

3. Resultados y Discusión.

En la Tabla I se presenta los resultados estadísticos de los valores obtenidos para la resistencia a la flexión, f_m . Los valores corresponden a las distintas clases resistentes de tablas. Se puede apreciar valores mayores tanto en el valor medio como en el percentil del 5% para la Clase1, valores un poco menores para la Clase 2 y un poco menos para la Clase 3.

Tabla I. Valores de Resistencia a flexión (N/mm²)

Elemento	Clase	Mínimo	Medio	Máximo	Percentil 5%	Desvío	COV	n
POR CLASES	1	24.5	45.4	62.7	31	7.6	16.6%	96
	2	18.5	37.9	55.5	23	7.5	19.8%	50
	3	21.0	32.9	44.3	21	6.6	20%	10
TOTAL	Todas	18.5	42.2	62.7	29	8.6	20.3%	156

En la Tabla II se presentan los resultados estadísticos, para las distintas clases, de los valores obtenidos del módulo de elasticidad global, $E_{m,g}$. Se puede apreciar valores mayores en el valor medio para la Clase1, y menores pero similares para la Clase 2 y Clase 3.

Tabla II. Módulo de elasticidad global (N/mm²)

Elemento	Clase	Mínimo	Medio	Máximo	Percentil 5%	Desvío	COV	n
POR CLASES	1	6678	11286	15815	7713	1938	17%	95
	2	7064	10396	16215	7303	1774	17%	50
	3	8069	9276	11963	8069	1144	12%	10
TOTAL	Todas	6678	10869	16215	7544	1927	18%	155

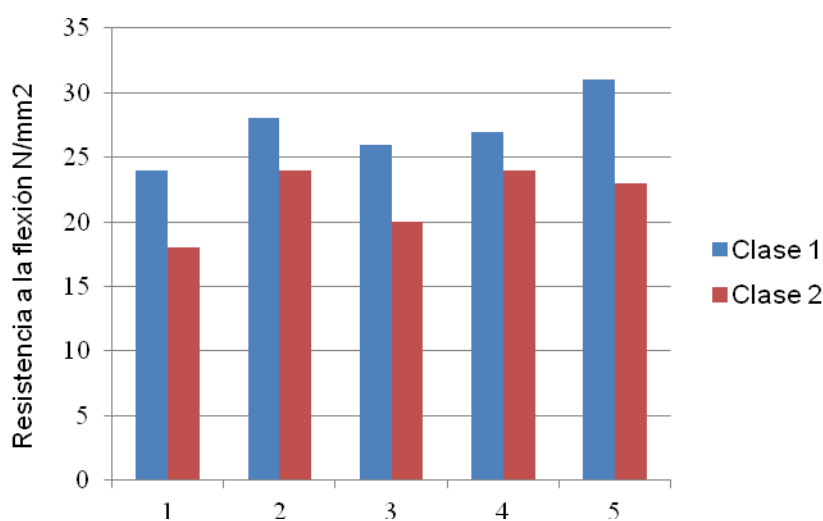
En la Tabla III se presentan los resultados estadísticos de la densidad, ρ . Se puede apreciar que los valores en el Percentil de 5% son muy similares en las tres clases, siendo ligeramente mayor el valor de la Clase1.

Tabla III. Densidad (Kg/m3)

Elemento	Clase	Mínimo	Medio	Máximo	Percentil 5%	Desvío	COV	n
POR CLASES	1	427	482	543	437	23	5%	96
	2	419	478	552	431	32	7%	50
	3	429	461	501	429	21	5%	10
TOTAL	Todas	419	480	552	431	26	5.50%	156

3.1 Comparación de resultados con otros trabajos experimentales

En la figura 6 se presenta una comparación entre los valores de resistencia a la flexión de las tablas, según IRAM 9662/4, las de procedencia en el año 2104 (Fank et al 2014), para el clon I-214 procedente del sur de Mendoza en Argentina (Genovese et al 2014), y para los clones 'Australiano 129/60' y 'Stoneville 67' (Guillaumet et al 2014). Los resultados comparados para la clase 1 superan los valores de los demás trabajos y para la clase 2 los iguala.

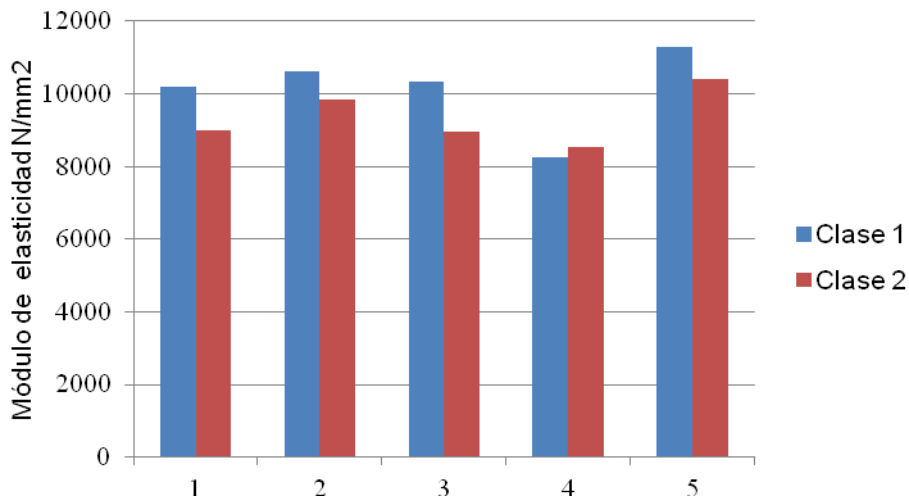


[1] Tablas según IRAM 9662/4, [2] Tablas según Guillaumet et al (2014), [3] Tablas según Fank et al (2014), [4] Tablas según Genovese et al (2014), [5] Tablas Morse

Figura 6. Resistencia a la Flexión

En la figura 7 se presenta una comparación entre los valores del módulo de elasticidad global para tablas de álamo de acuerdo a distintos trabajos y normas. Se observa que los resultados obtenidos en este trabajo para las tablas superan ambas clases, a las Tablas según IRAM 9662/4, a las de procedencia en el año 2104 (Fank et al 2014), para el clon I-214

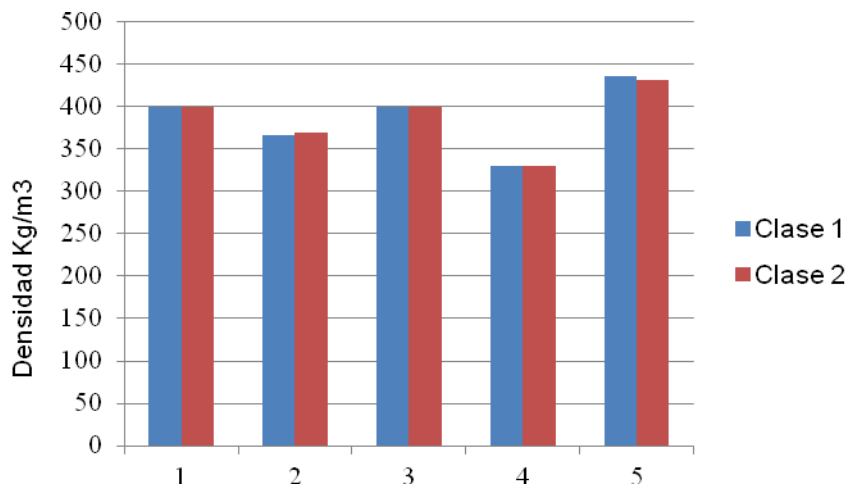
procedente del sur de Mendoza en Argentina (Genovese et al 2014), y para los clones 'Australiano 129/60' y 'Stoneville 67' (Guillaumet et al 2014).



1] Tablas según IRAM 9662/4, [2] Tablas según Guillaumet et al, [3] Tablas según Fank et al (2014), [4] Tablas según Genovese et al (2014), [5] Tablas Morse

Figura 7. Modulo de elasticidad

En la figura 8 se presenta una comparación entre los valores de densidad. Se observa que los resultados obtenidos en este trabajo para las tablas superan ambas clases, a las Tablas según IRAM 9662/4, a las de procedencia en el año 2104 (Fank et al 2014), para el clon I-214 procedente del sur de Mendoza en Argentina (Genovese et al 2014), y para los clones 'Australiano 129/60' y 'Stoneville 67' (Guillaumet et al 2014).



[1] Tablas según IRAM 9662/4, [2] Tablas según Guillaumet et al, [3] Tablas según Fank et al (2014), [4] Tablas según Genovese et al (2014), [5] Tablas Morse

Figura 8. Densidad

4. Conclusiones.

- El sistema de clasificación visual resistente descrito en la norma IRAM 9662/4 se adapta a la madera del *Populus deltoides* Australiano 129/60 del N.O. de la Provincia de Buenos Aires y permite una clara diferenciación de las calidades, especialmente para la resistencia a la flexión
- Los valores de resistencia a la flexión varían notablemente de acuerdo a la clase que pertenecen, no sucediendo lo mismo para los valores del módulo de elasticidad y densidad, observando similitud en los resultados arrojados para las diferentes clases.
- Los resultados de resistencia a flexión para clase 1 supera los valores de los trabajos anteriormente citados y para la clase 2 los iguala. La resistencia a la flexión del clon Australiano 129/60 cultivado en el NO de la provincia de Buenos Aires es superior a la presentada en la norma IRAM.
- Los resultados del módulo de elasticidad global y densidad, para ambas clases, superan los valores de otros trabajos experimentales.
- Las tablas de madera de Álamo Australiano cultivado en el N.O de la Provincia de Buenos Aires, cumplen holgadamente las características estructurales propuestas en la norma IRAM 9662/4 por lo que sería posible incorporarla a dicha norma.

Reconocimientos.

A los alumnos, graduados y demás integrantes del grupo GIDEC Facultad Regional Venado Tuerto por su participación en el desarrollo de los ensayos realizados.

Bibliografía.

IRAM 9662-4 (2015). Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Madera laminada encolada estructural. Clasificación visual de las tablas por Resistencia. Parte 4 – Tablas de álamo ‘australiano 129/60’ y ‘Stoneville 67’ (*Populus deltoides*). Buenos Aires.

UNE- EN 408:2011. Agencia Española de Normalización y Certificación. (2011). Determinación de algunas propiedades físicas y mecánicas. Madrid.

Reglamento Argentino de Estructuras de Madera “Disposiciones generales y requisitos para el diseño y construcción de estructuras de madera en edificaciones” CIRSOC 601 (2013).

ISO 3131 (1975).International Organization for Standardization (E). Wood - Determination of density for physical and mechanical tests.

ISO 3130 (1975).International Organization for Standardization (E.) Wood - Determination of moisture content for physical and mechanical tests.

Fank, P; Stefani, P.; Piter, J.C. (2014). Resistencia y rigidez de tablas destinadas a la fabricación de madera laminada encolada estructural. Análisis comparativo entre el pino resinoso (*Pinustaeda/elliottii*) y el álamo (*Populus deltoides* ‘Australiano 129/60’ y ‘Stoneville 67’). IV Congreso Internacional de las Salicáceas en Argentina. La Plata, Argentina.

Genovese et al (2014). Caracterización físico mecánica de la madera de álamo del sur de da provincia de Mendoza, para la fabricación de elementos estructurales multilaminados encolados. IV Congreso Internacional de las Salicáceas en Argentina. La Plata, Argentina.

Guillaumet et al (2014). Utilización de la madera de Álamo en elementos estructurales. XXXVI Jornadas Sudamericanas de Ingeniería Estructural. Montevideo, Uruguay.

Anexo

Defecto	Unidad	Clase 1	Clase 2	Determinación
Médula	–	No se admite	Se admite	5.1
Nudosidad	mm/mm	Menor o igual a 1/3	Menor o igual a 2/3	5.2
Dirección de las fibras	mm/mm	Desviación menor que 1:9		5.3
Densidad	kg/m ³	No se aceptan piezas con densidad excepcionalmente baja (ver valor característico en el anexo B).		5.4
Fisuras	No pasantes	m	El largo de las fisuras no pasantes no debe ser mayor que 1,0 m ni que 1/4 del largo de la pieza.	5.5
	Pasantes	m	Las fisuras pasantes sólo se permiten en los extremos y su largo no debe ser mayor que el ancho de la tabla.	
Combadado y encorvado	mm	Menor que 8	Menor que 12	5.6.1
Revirado	mm/mm	Menor que 1 mm por cada 25 mm de ancho.	Menor que 2 mm por cada 25 mm de ancho.	5.6.2
Abarquillado	–	Sin restricciones para el abarquillado.		5.6.3
Arista faltante	mm/mm	Transversalmente menor que 1/4 de la cara o canto donde aparece. Sin restricciones para el largo.	Transversalmente menor que 1/3 de la cara o canto donde aparece. Sin restricciones para el largo.	5.7
Ataques biológicos	–	No se admiten zonas atacadas por hongos causantes de pudrición. Se admiten zonas atacadas por hongos cromógenos. No se admiten orificios causados por insectos.		5.8
Madera de reacción	mm/mm	Menor o igual que 1/5	Menor o igual que 2/5	5.9
Otros	–	Daños mecánicos y otros defectos se limitan por analogía con alguna característica similar.		5.10

Tabla I. Clasificación Visual