

POTENCIAL USO ESTRUCTURAL DE LA MADERA *POPULUS DELTOIDES* CULTIVADO EN EL NOROESTE DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

POTENTIAL STRUCTURAL USE OF WOOD *POPULUS DELTOIDES* CULTIVATED IN THE NORTHWEST OF BUENOS AIRES PROVINCE

María C. Filippetti ⁽¹⁾ (P), Alfredo A. Guillaumet ⁽²⁾, Miguel Tortoriello ⁽³⁾, Cesar Alí Mossre ⁽⁴⁾

(1) Ing., Profesor Adjunto, Investigador, Universidad Tecnológica Nacional FR Venado Tuerto; Argentina

(2) Ing., Profesor Titular, Investigador, Universidad Tecnológica Nacional FR Venado Tuerto; Argentina

(3) Ing., Profesor Titular, Investigador, UNNOBA. Junín. Argentina

(4) Ing., JTP, Investigador, UNNOBA. Junín. Argentina

Dirección de contacto: aaguillaumet@rec.utn.edu.ar; (P) Presentadora

Código de identificación: T3-19

Resumen

La madera proveniente de bosques implantados constituye una alternativa de suma importancia en la construcción de edificios y la poca información disponible sobre el comportamiento estructural de las distintas combinaciones especie – procedencia marca la necesidad de desarrollar trabajos de caracterización estructural. En Argentina las normas IRAM 9670, 9660, 9662 establecen el marco normativo de calidad, pero solo se incluyen cuatro combinaciones de especie – procedencia, que luego recoge el Reglamento Argentino de Estructuras de Madera CIRSOC 601. Numerosas publicaciones técnicas y la norma IRAM 9662/4 presentan las propiedades estructurales de tablas de madera de los clones de *Populus deltoides* Stoneville 67 y Australiano 129/60 cultivados en el delta del río Paraná. En la zona continental del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires se encuentran 5000 has. de bosques implantados con los mismos clones y la evaluación de sus propiedades resistentes resulta de gran importancia a la hora de su comercialización para su utilización con fines estructurales. En este trabajo se presentan los resultados de los ensayos realizados 306 tablas de madera, 156 del clon Australiano 129/60 y 150 del Stoneville 67 provenientes de bosques implantados en la localidad de Morse. Los ensayos se realizaron según la norma UNE EN 408:2011. Los valores de resistencia a la flexión y módulo de elasticidad resultaron superiores a los publicados para los mismos clones cultivados en el Delta del río Paraná, lo que permitiría considerar a esta madera para uso estructural.

Palabras clave: *Populus deltoides*; clasificación visual estructural; estructuras de madera; álamo

Abstract

*The wood from implanted forests is a very important alternative in building construction and scarce information available on the structural behavior of the different combinations species - source marks the need to do research on structural characterization. In Argentina, the IRAM 9670, 9660, 9662 standards establish the quality standards framework, but only four species - source combinations are included, which later includes the Argentine Wood Structures Regulation CIRSOC 601. Numerous technical publications and IRAM 9662/4 present the structural properties of wood board of the *Populus deltoides* Stoneville 67 and Australian 129/60 clones grown in the Paraná River delta. There are 5000 ha of forests implanted with the same clones located in the continental Northwest of the Province of Buenos Aires, and the assessment of their resistant properties is of the utmost importance at the time of its commercialization for its use for structural purposes. In this paper we present the results of the tests performed on 306 wooden boards, 156 were of the Australian clone 129/60 and 150 were of Stoneville 67 coming from implanted forests in the town of Morse. The tests were performed according to the UNE EN 408: 2011 standards. The values of bending strength and modulus of elasticity were higher than those published for the same clones grown in the Paraná River Delta, which would allow to consider this wood for structural use.*

Keywords: *Populus deltoides*; structural visual classification; wood structures; poplar

1. INTRODUCCIÓN

En las especies de reforestación “El álamo en general se presenta como una especie de rápido crecimiento, baja densidad de la madera y rigidez, pero con resultados que podrían satisfacer las condiciones para fabricación de vigas laminadas o como vigas aserradas para pequeñas luces” (Castro, 2006).

El cultivo de Salicáceas (*Salix* spp., *Populus* spp.) en la pampa húmeda tiene más de cien años de historia, y cuenta en la actualidad con 5.000 hectáreas de plantaciones en macizo, predominantemente de álamos (Achinelli et al, 2006).

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. Los resultados obtenidos en el inventario forestal de plantaciones de *Populus deltoides* en el centro norte de la Provincia de Buenos Aires, a lo largo de un ciclo productivo permiten inferir que los crecimientos son promisorios para la zona. En efecto, se alcanzó un crecimiento de 26 m³.ha-1.año-1 sin contar la madera obtenida en tratamientos de raleos. La combinación con la actividad ganadera permitiría acortar los tiempos de retorno de la inversión y facilitar la incorporación como alternativa productiva en campos tradicionalmente agrícolas. (Ferrere et al, 2014)

La norma IRAM 9662-4(2015) presenta la clasificación visual de tablas de *Populus deltoides* “Australiano 129/60” y “Stoneville 67” cultivados en el Delta del Río Paraná con destino a la fabricación de vigas laminadas encoladas. La información sobre el álamo del delta se completa con las publicaciones Guillaumet et al (2014) y Fank et al (2014) basadas en ensayos a flexión de tablas y los que presentan valores de las propiedades resistentes a partir del estudio de piezas de distinta escuadría como Filippetti et al (2015) y Guillaumet et al (2016a). También, contamos con los estudios sobre los *Populus nigra cv italica* (álamo criollo) y el *Populus x canadensis* I-214 y *Guardi*, cultivados en el sur de Mendoza en Argentina, Genovese et al (2014).

El “Reglamento Argentino de Estructuras de Madera”, CIRSOC 601 toma los valores de la IRAM 9662/4 y los incorpora a sus suplementos. Actualmente, los álamos cultivados en otras zonas de la Argentina se hallan en deficiencia comercial para su uso estructural.

Por tanto, el objetivo de este trabajo es determinar las propiedades mecánicas de tablas aserradas de los clones *Populus deltoides* “Australiano 129/60” y “Stoneville 69”, proveniente de bosques implantados en la localidad de Morse al noroeste de la Provincia de Buenos Aires y compararlos con los valores propuestos en la IRAM 9662/4 (2015) y con los obtenidos en diversos trabajos sobre elementos estructurales de madera de *Populus*.

2. MATERIAL Y MÉTODO

2.1 Material

El “Establecimiento Forestal San José” de la localidad de Morse (Junín - Buenos Aires) perteneciente a la firma Urionagüena Hnos. e Hijos S.H cuenta con más de 700 has plantadas con álamos. Se realizó la selección de individuos, en rodales de álamo de 15 a 17 años de edad de dos formas distintas, para el clon *Populus deltoides* ‘Australiano 129/60’ se tomaron trozas ya cortadas en la plantación y para el clon “Stoneville 67” se seleccionaron en forma aleatoria y representativa 7 árboles con alrededor de 30 trozas; esta tarea contó con el apoyo de ingeniero forestal y agrónomo. En ambos cultivos, las prácticas silviculturales y las edades de corte fueron representativas de la población a analizar. Para ambos clones, las trozas pasaron por el aserradero de la empresa y se convirtieron en tablas de 1” por 4” de 3 m de longitud que fueron secadas y cepilladas. Luego en el laboratorio, se cortaron 160 tablas de cada clon con una longitud de 50 cm, se colocaron en cámara de estabilizado con una temperatura de 20+/-2 °C y una humedad relativa ambiente de 65+/-5 %

para luego ser ensayadas en los laboratorios de la UTN Facultad Regional Venado Tuerto y de la UNNOBA sede Junín.

2.2 Método

Las Figuras 1 y 2 corresponden a la norma IRAM 9662/4 (2015), de la cual se siguieron los lineamientos para el relevamiento de los defectos: presencia de médula, dimensión de los nudos, deformaciones previas al ensayo, arista faltante, fisuras y ataque biológico. La dimensión de los nudos se midió entre paralelas a las aristas para los nudos de cara, para los nudos de arista se consideró la dimensión más chica que se manifestara en una de las caras. La nudosidad “K” se define como el porcentaje que ocupa la dimensión de cada nudo sobre la dimensión de la cara donde se manifiesta.

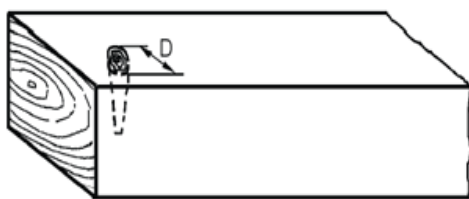


Figura 1: Medición del nudo cara

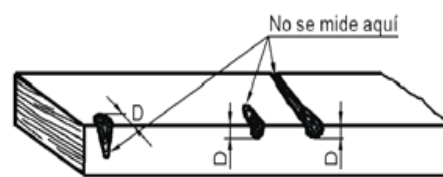


Figura 2: Medición del nudo de arista

Para la presencia de médula, la determinación fue si la pieza incluía o no partes de la misma.

Se limita la inclinación de fibra a un valor menor a la relación 1:9, que es el valor exigido en la norma IRAM 9662/4 (2015) para clase 1 y 2.

La presencia de ataque biológico causado por hongos de pudrición u orificios por insectos, generaba el descarte de la pieza para uso estructural (rechazo). La figura 3 muestra el criterio de clasificación visual que se aplicó según lo establecido en la norma para las clases 1 y 2.



| PROBETA | MEDULA | NUDO | CLASE |
|---|--------------|------------|----------|
|  | No se admite | $\leq 1/3$ | 1 |
|  | Se admite | $\leq 2/3$ | 2 |

Figura 3: Clasificación visual de tablas según la norma IRAM 9662/4:2015

El procedimiento experimental se realizó de acuerdo a las prescripciones de la norma UNE-EN 408 (2011). La Figura 4 presenta el esquema de cargas para el ensayo.

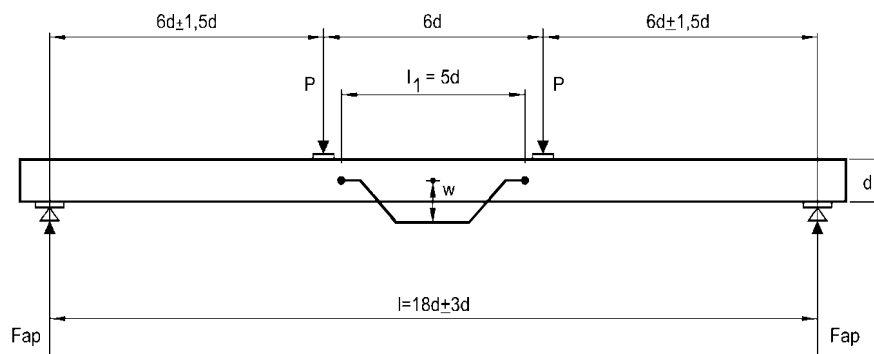


Figura 4: Esquema de cargas

Los ensayos de 156 tablas del clon ‘Australiano 129/60’ se realizaron en el laboratorio de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Venado Tuerto. La carga de ensayo se aplicó, mediante una prensa hidráulica con válvula reguladora de caudal que permitía ajustar la velocidad de aplicación de la carga, para que la fuerza máxima se alcance en un tiempo de $300 \text{ s} \pm 120 \text{ s}$. La medición de cargas se realizó con una celda de 10 KN de capacidad máxima con precisión de 10 N, conectada a un transductor marca CIFIC de registración continua de la lectura.

La figura 5 muestra el ensayo de las 150 tablas de Stoneville 67 en el Laboratorio de la Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires con sede en Junín. La aplicación de la carga se realizó con una máquina Universal de ensayos marca Baldwin con capacidad máxima de 300 KN y accionamiento hidráulico. Para la medición de las cargas se interpone una celda con una capacidad máxima de 25 KN conectada a un transductor de registración continua de lectura cada 5 N. Una rótula ubicada entre la máquina y el dispositivo de ensayo garantiza la perpendicularidad de la aplicación de la carga.



Figura 5: Dispositivo de ensayo en UNNOBA

Las deformaciones para la determinación del módulo de elasticidad global se registraron, en ambos laboratorios, con reloj comparador digital Mitutoyo con una precisión de 0,01 mm en la parte inferior del centro del vano respecto de los apoyos. Se tomaron lecturas de carga y deformación para 7 escalones cada 500 N hasta la rotura. Se empleó cámaras web que apuntaban al dial del comparador digital y al transductor de carga, que en combinación de un soft Cerberus para webcam y el soft para captura de pantalla, permitió tomar simultáneamente las mediciones para cada escalón de carga requerido. Con las imágenes posteriormente se ingresaron manualmente los

datos a una planilla Excel para su procesamiento previo y finalmente se realizó el análisis estadístico con un soft específico. La figura 6 muestra la vista de la pantalla en el momento de la captura de datos.

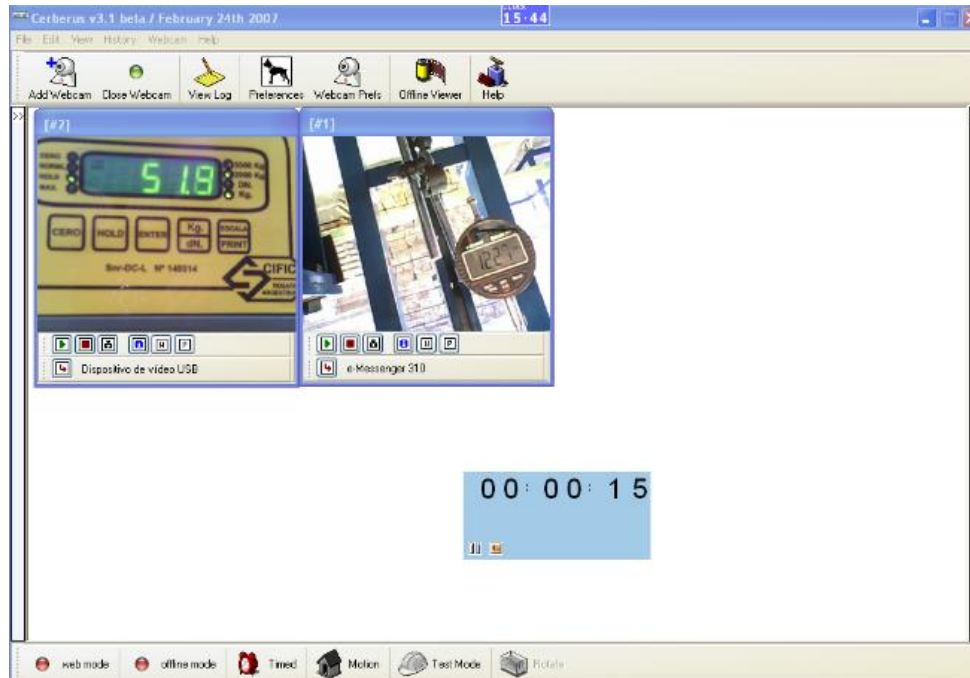


Figura 6: Captura de pantalla de escalón de carga

Para la determinación del módulo de elasticidad global en flexión se utilizó la expresión 1:

$$E_{m,g} = \frac{3al^2 - 4a^3}{2bh^3 \left(2 \frac{w_2 - w_1}{F_2 - F_1} - \frac{6a}{5Gb h} \right)} \quad (1)$$

Siendo:

$E_{m,g}$: 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.

Se consideró el módulo de elasticidad transversal “ G ” = 650 N/mm², de acuerdo a lo permitido por la norma UNE-EN 408 (2011) para los casos en que se desconoce su valor. Posteriormente a los ensayos en todos los cuerpos de prueba se determinó la densidad (norma ISO 3131:1975) y humedad (norma ISO 3130:1975). También se registró la ubicación y tipo de rotura.

Para la determinación de la resistencia a flexión se utilizó la expresión 2:

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

Donde:

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

F : carga, en 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.

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1 Análisis por clon

En la tabla 1 se presenta el análisis estadístico de los valores de resistencia a la flexión (f_m) ajustado, por clon y en conjunto. Los valores se ajustaron a la altura de referencia (150 mm) de acuerdo a las prescripciones de la norma UNE-EN 384 (2010).

Tabla 1: Resistencia a la flexión en N/mm²

| Clon | Mínimo | Medio | Máximo | Percentil 5% | Desvío | COV | n |
|-------------|--------|-------|--------|--------------|--------|-----|-----|
| Australiano | 18,5 | 42,2 | 62,7 | 28,7 | 8,6 | 20% | 157 |
| Stoneville | 22,1 | 37,2 | 58,8 | 25,6 | 7,7 | 20% | 146 |
| Todos | 18,5 | 39,8 | 62,7 | 26,2 | 8,5 | 21% | 303 |

Del análisis estadístico comparativo entre ambos clones la diferencia entre los valores del percentil 5% es mayor en un 12% el 'Australiano 129/60'. La figura 7 presenta el gráfico de caja y bigotes de ambas poblaciones.

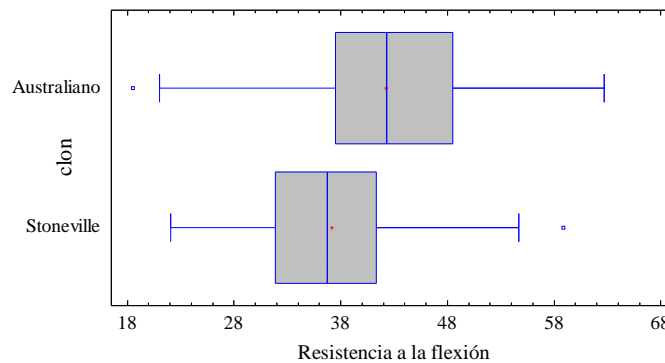


Figura 7: Resistencia a la flexión en N/mm²

En la tabla 2 se presentan los valores estadísticos principales del módulo de elasticidad global ($E_{m,g}$) obtenidos en los ensayos ajustados a la humedad de referencia del 12%, por clon y en conjunto.

Tabla 2: Módulo de elasticidad en N/mm²

| Clon | Mínimo | Medio | Máximo | Percentil 5% | Desvío | COV | n |
|-------------|--------|--------------|--------|--------------|--------|-----|-----|
| Australiano | 6678 | 10897 | 16215 | 7544 | 1927 | 18% | 155 |
| Stoneville | 8058 | 10929 | 15100 | 8483 | 1480 | 13% | 146 |
| Todos | 6678 | 10912 | 16215 | 8217 | 1722 | 16% | 301 |

Del análisis estadístico observamos una diferencia poco significativa en el módulo de elasticidad entre ambos clones. La figura 8 presenta el gráfico de caja y bigotes de ambas poblaciones.

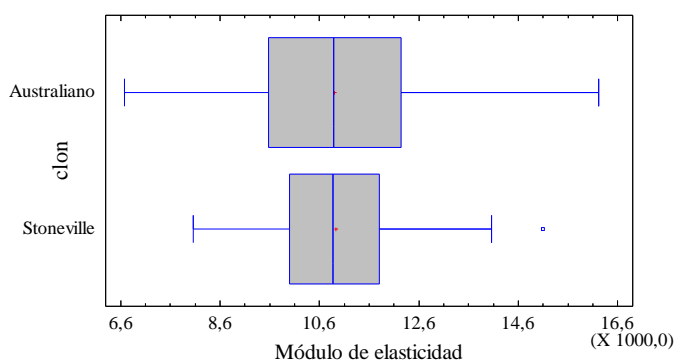


Figura 8: Módulo de elasticidad en N/mm^2

En la tabla 3 se presentan los valores estadísticos de la densidad, ajustados a la humedad de referencia del 12%, divididos por clon y en conjunto.

Tabla 3: Densidad en Kg/m^3

| Clon | Mínimo | Medio | Máximo | Percentil 5% | Desvío | COV | n |
|-------------|--------|-------|--------|--------------|--------|-----|-----|
| Australiano | 360 | 479 | 552 | 431 | 28,5 | 6% | 157 |
| Stoneville | 388 | 441 | 564 | 401 | 35,6 | 8% | 146 |
| Todos | 360 | 461 | 564 | 406 | 37,3 | 8% | 303 |

Del análisis estadístico se evidencia una diferencia significativa en la densidad entre ambos clones, que para los valores medios es de un 8%. Si los comparamos con los planteados por Guillaumet et al (2016a) para la muestra en conjunto resultan similares, pero difieren mucho con los valores del clon “Australiano129/60”.

3.2 Análisis por grado resistente. Clasificación visual según norma IRAM 9662/4

La norma IRAM 9662/4 establece un sistema de clasificación visual por resistencia para tablas aserradas de álamo, *Populus deltoides* ‘Australiano 129/60’ y ‘Stoneville 67’, cultivados en el delta del río Paraná, sin hacer ninguna distinción entre los clones. En este trabajo se analizan por clon y en conjunto, las piezas divididas en tres clases resistentes, clase 1 y 2 para uso estructural y la clase 3 como rechazo.

Tabla 4: Resistencia a la flexión por clase resistente – N/mm^2

| Clon | Clase | Mínimo | Medio | Máximo | Percentil 5% | Desvío | COV | n |
|-------------|-------|--------|-------|--------|--------------|--------|-----|-----|
| Australiano | 1 | 24,5 | 45,4 | 62,7 | 31,0 | 7,6 | 17% | 97 |
| | 2 | 18,5 | 37,9 | 55,5 | 23,5 | 7,5 | 20% | 50 |
| | 3 | 21,0 | 32,9 | 44,3 | 21,0 | 6,6 | 20% | 10 |
| Stoneville | 1 | 23,2 | 39,6 | 58,8 | 29,0 | 7,3 | 18% | 97 |
| | 2 | 22 | 32,7 | 44,8 | 23,7 | 5,6 | 17% | 36 |
| | 3 | 24 | 31,3 | 44,1 | 24,0 | 6,8 | 22% | 13 |
| Todos | 1 | 23,2 | 42,5 | 62,7 | 29,8 | 8,0 | 19% | 194 |
| | 2 | 18,5 | 35,7 | 55,5 | 23,7 | 7,2 | 20% | 86 |
| | 3 | 21,0 | 32,0 | 44,3 | 24,0 | 6,6 | 21% | 23 |

Aplicando ese criterio de clasificación visual resistente, se puede apreciar en la tabla 4 que el clon ‘Australiano 129/60’ presenta valores de resistencia a flexión un 7 % superior a los del clon ‘Stoneville 67’ en el clase 1, mientras que en clase 2 los valores resultan iguales

La tabla 5 presenta los valores de módulo de elasticidad por grado resistente, y se observa que el clon ‘Stoneville 67’ presenta valores muy similares a los del clon ‘Australiano 129/60’. Tomado en conjunto la diferencia entre clase 1 y clase 2 asciende al 9 %.

Tabla 5: Módulo de elasticidad por clase resistente – N/mm²

| Clon | Clase | Mínimo | Medio | Máximo | Percentil 5% | Desvío | COV | n |
|-------------|-------|--------|--------------|--------|--------------|--------|-----|-----|
| Australiano | 1 | 6678 | 11317 | 15815 | 7713 | 1937 | 17% | 95 |
| | 2 | 7064 | 10420 | 16215 | 7388 | 1770 | 17% | 50 |
| | 3 | 8069 | 9292 | 11963 | 8069 | 1150 | 12% | 10 |
| Stoneville | 1 | 8135 | 11337 | 15100 | 9140 | 1329 | 12% | 97 |
| | 2 | 8133 | 10358 | 13738 | 8275 | 1532 | 15% | 36 |
| | 3 | 8057 | 9460 | 10899 | 8058 | 909 | 10% | 13 |
| Todos | 1 | 6678 | 11327 | 15815 | 8670 | 1654 | 15% | 192 |
| | 2 | 7064 | 10394 | 16215 | 7828 | 1665 | 16% | 86 |
| | 3 | 8057 | 9387 | 11963 | 8069 | 999 | 11% | 23 |

Del análisis de los valores, surge que aplicar el criterio de clasificación permite mejorar en un 8 % los valores de resistencia a flexión y en un 4 % en el módulo de elasticidad. La clase 3 no tiene uso estructural y se lo considera rechazo. Respecto de la densidad, la clasificación no genera optimización de los valores aplicando el criterio de dividir por clase, ya que la diferencia de densidades entre ambos clones es muy marcada, situación que no se observó en los valores publicados por Guillaumet et al (2016a)

3.3 Análisis comparativo

Se realizó la comparación de los parámetros obtenidos en este trabajo y los propuestos para tablas de *Pópulus deltoides* “Australiano 129/60” y “Stoneville 67” cultivado en el delta del río Paraná por la IRAM 9662/4 (2015), Guillaumet et al (2016a) y Fank et al (2014). También con el *Pópulus Nigra* de Genovese et al (2014). La tabla 6 muestran comparativamente los valores de resistencia a flexión en N/mm², módulo de elasticidad en N/mm² y la densidad en Kg/m³.

Tabla 6: Comparación de las propiedades mecánicas en tablas según distintos autores.

| Autor | Clon / origen | Resistencia a flexión | | Módulo de elasticidad | | Densidad | |
|-------|---|-----------------------|-------------|-----------------------|--------------|------------|------------|
| | | Clase 1 | Clase 2 | Clase 1 | Clase 2 | Clase 1 | Clase 2 |
| 1 | Australiano 129/60 y Stoneville 67 (Delta) | 24 | 18 | 10200 | 9000 | 400 | 400 |
| 2 | Australiano 129/60 y Stoneville 67 (Delta) | 27,7 | 23,9 | 10618 | 9859 | 367 | 369 |
| 3 | Australiano 129/60 y Stoneville 67 (Delta) | 25,9 | 19,9 | 10396 | 8976 | 400 | 400 |
| 4 | Australiano 129/60 y Stoneville 68 (Morse) | 29,8 | 23,7 | 11327 | 10394 | 406 | 409 |
| 5 | <i>Pópulus Nigra</i> (Sur de la Pcia. de Mendoza) | 27 | 24 | 8254 | 8526 | 330 | 330 |

A partir de los valores indicados por la norma IRAM 9662/4 para los clones *Populus deltoides* “Australiano 129/60” y “Stoneville 67” cultivados en el delta del río Paraná, califican según el criterio de la UNE EN 338 (2010) en clase resistente C22 para la clase 1 y en C18 para la clase 2. Con los resultados obtenidos, para los mismos clones cultivados en el noroeste de la Provincia de Buenos Aires (Morse) permiten calificarlos en clase resistente C24 y C22 respectivamente.

Las figuras 9 y 10 muestran gráficamente las diferencias entre clases y comparativamente los resultados según distintos autores, para resistencia a flexión y módulo de elasticidad.

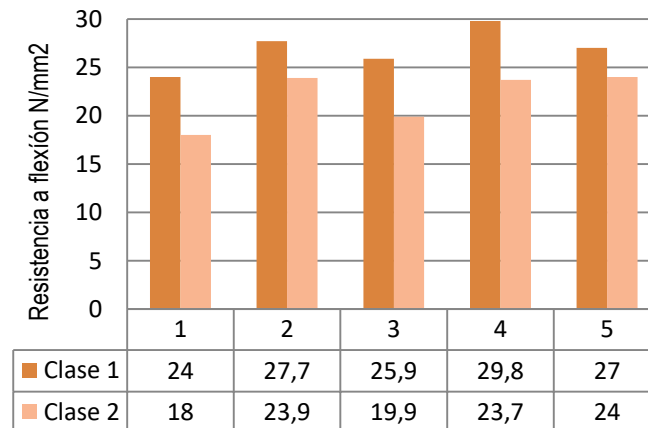


Figura 9: Comparación de valores de resistencia a flexión según distintos autores

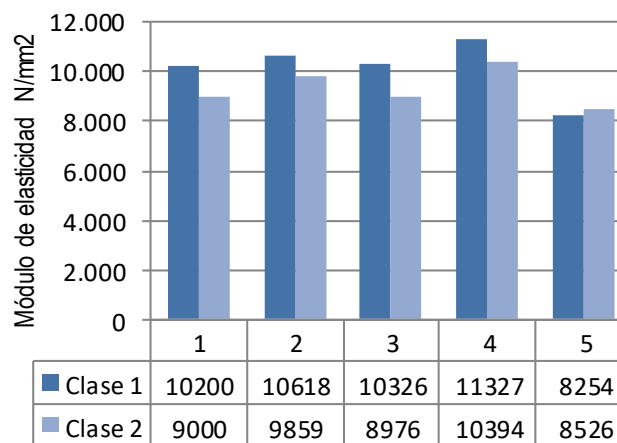


Figura 10: Comparación de valores de módulo de elasticidad según distintos autores

[1] Tablas según IRAM 9662/4, [2] Tablas según Guillaumet et al (29016^a), [3] Tablas según Fank et al (2014), [4] Tablas según este trabajo [5] Tablas según Genovese et al (2014).

Para ambos clones tratados en conjunto, como lo hace la norma IRAM 9662/4, se obtuvieron valores de resistencia a la flexión de 29,8 N/mm² para la clase 1 resultando un 25 % mayor que lo planteado en la norma y en la clase 2 esa diferencia se acrecienta a un 30 % ya que el valor alcanzado es de 23,7 N/mm².

Tomando la muestra completa, se obtuvieron valores de módulo de elasticidad de 11.327 N/mm² y de 10.394 N/mm² para las clases resistentes 1 y 2 respectivamente. Los valores son ligeramente superiores en un 12% a los propuestos por la norma.

La figura 11 muestra los valores de densidad de forma comparativa, poniendo en evidencia que los valores logrados, trabajando los clones en conjunto, no difieren del valor de referencia de la norma.

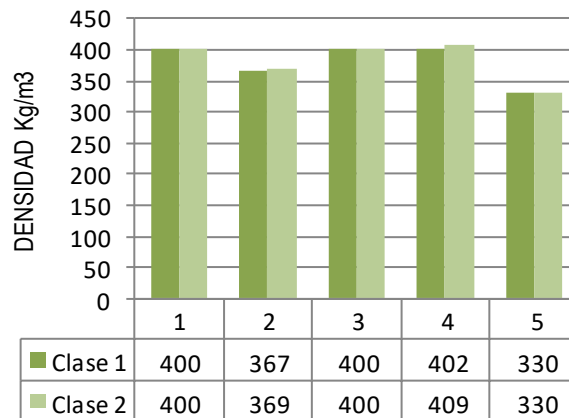


Figura 11: Comparación de valores de densidad según distintos autores

[1] Tablas según IRAM 9662/4, [2] Tablas según Guillaumet et al (29016^a), [3] Tablas según Fank et al (2014), [4] Tablas según este trabajo [5] Tablas según Genovese et al (2014).

4. CONCLUSIONES

El sistema de clasificación visual especificado en la IRAM 9662/4 (2015) se puede aplicar a los clones de esta procedencia, logrando una optimización de valores para cada clase resistente con un buen rendimiento. Evaluar los clones en conjunto, resulta razonable considerando que no es posible distinguirlos a simple vista, que se comercializan sin identificación y que sus propiedades resistentes no presentan diferencias muy grandes.

Los valores de resistencia a la flexión y módulo de elasticidad resultaron similares entre ambos clones de *Pópulus deltoides* cultivados en el noreste de la Provincia de Buenos Aires. Siendo la densidad en el clon 'Australiano 129/60' muy superior a la del clon 'Stoneville 67' del mismo origen.

Los clones cultivados en el noroeste de la Provincia de Buenos Aires (localidad de Morse), presentaron mayores valores de resistencia a flexión y módulo de elasticidad que los propuestos por la norma IRAM 9662/4 para los mismos clones cultivados en el delta del río Paraná.

Basados en estos resultados, se propone gestionar la incorporación a la norma IRAM 9662/4 (2015) de los clones cultivados en el noroeste de la Provincia de Buenos Aires y que los valores determinados sean anexados a los suplementos del Reglamento Argentino de Estructuras de Madera CIRSOC 601.

AGRADECIMIENTOS

A la firma Urionaguena Hnos. y SH, al Agrónomo Gral. Daniel Samá encargado del establecimiento "San José", a la Ing. Ftal. Paula Ferrere del EE INTA 9 de julio y al Técnico Regional (DPF-MAGyP) Ing. Agr. Alejandro Signorelli.

A los jóvenes graduados y alumnos de la carrera de ingeniería civil de la Facultad Regional Venado Tuerto de la Universidad Tecnológica Nacional por su valiosa participación en el desarrollo de los ensayos.

A los alumnos de ingeniería mecánica e ingeniería industrial de la Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires por su valiosa participación en el desarrollo de los ensayos.

REFERENCIAS

- [1] Achinelli, F. Silvicultura de álamos y sauces en la Pampa húmeda. Actas Jornadas de Salicáceas. Pgs 21-36. (2006)
- [2] Castro G. Usos actuales y posibilidades futuras de la madera de álamo. Jornadas de Salicáceas (2006)
- [3] CIRSOC 601. Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad en Obras Civiles. Reglamento Argentino de Estructuras de Madera. Buenos Aires. (2016)
- [4] Fank, P; Stefani, P.; Piter, J.C. Resistencia y rigidez de tablas destinadas a la fabricación de madera laminada encolada estructural. Análisis comparativo entre el pino resinoso (*Pinus taeda/elliottii*) y el álamo (*Populus deltoides* ‘Australiano 129/60’ y ‘Stoneville 67’). IV Congreso Internacional de las Salicáceas en Argentina. La Plata, Argentina. (2014)
- [5] Ferrere P.; Signorelli, A.; Rastelli, B. ¿Cómo crece el álamo en Continente? Estudio en rodales de *Populus deltoides* cv Stoneville 67 en Morse, Pcia. de Bs. As. IV Congreso Internacional de las Salicáceas en Argentina, La Plata, Argentina (2014)
- [6] Filippetti MC, Guillaumet AA, Manavella RD, Guillaumet MP. Uso estructural de la madera de álamo. II Congreso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira. Belo Horizonte, Brasil. (2015).
- [7] Genovese et al. Caracterización físico mecánica de la madera de álamo del sur de la Provincia de Mendoza, para la fabricación de elementos estructurales multilaminados encolados. IV Congreso Internacional de las Salicáceas en Argentina. La Plata, Argentina. (2014)
- [8] Guillaumet, A.A.; Filippetti, M.C.; Acuña Rello, L.; Piter, J.C. Utilización de la madera de álamo en elementos estructurales. XXXVI Jornadas Sudamericanas de Ingeniería Estructural. Montevideo, Uruguay. (2014)
- [9] Guillaumet, A.A.; Filippetti, M.C.; Acuña Rello, L.; Piter, J.C. Propiedades mecánicas en flexión de la madera aserrada de *Populus deltoides* ‘Stoneville 67’. XXXVII Jornadas Sudamericanas de Ingeniería Estructural. Montevideo, Uruguay. (2016a).
- [10] IRAM 9660-1 Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Madera laminada encolada estructural. Parte 1: Clases de resistencia y requisitos de fabricación y de control. Buenos Aires. (2015)
- [11] IRAM 9662-4. 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*). BuenosAires. (2015)
- [12] IRAM 9670 Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Madera estructural. Clasificación en grados de resistencia para la madera aserrada de pinos resinosa (*Pino elliotti* y *Pino taeda*) del noroeste argentino mediante una evaluación visual. Buenos Aires. (2002).
- [13] ISO 3130. International Organization for Standardization (E.) Wood - Determination of moisture content for physical and mechanical tests. (175).
- [14] ISO 3131. International Organization for Standardization (E). Wood - Determination of density for physical and mechanical tests. (1975).
- [15] UNE-EN 338 Agencia Española de Normalización y Certificación. Madera estructural. Clases resistentes. Madrid. (2010).
- [16] UNE-EN 384 Agencia Española de Normalización y Certificación. Determinación de los valores característicos de las propiedades y la densidad. Madrid. (2010).
- [17] UNE- EN 408 Agencia Española de Normalización y Certificación. Madera aserrada y madera laminada encolada para uso estructural. Determinación de algunas propiedades físicas y mecánicas. Madrid. (2011).