



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL VENADO TUERTO**

G I D E C

Grupo de Investigación y Desarrollo de Estructuras Civiles



**USO ESTRUCTURAL DE
LA MADERA DE ALAMO**

ISSN: 2177-6830

**TRABAJO EXPUESTO II CONGRESO BRASILEIRO
DE CIENCIA Y TECNOLOGIA DE LA MADERA
Belo Horizonte – Brasil - 2015**

AUTORES: María C. Filippetti - Alfredo A. Guillaumet - Roberto D. Manavella

USO ESTRUCTURAL DE LA MADERA DE ALAMO THE WOOD OF POPLAR AS A STRUCTURAL MATERIAL

María C. Filippetti (1); Alfredo A. Guillaumet (2); Roberto D. Manavella (3)

- (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, Universidad Tecnológica Nacional FR Venado Tuerto; Argentina
Laprida 651, Venado Tuerto, aaguillaumet@rec.utn.edu.ar

Resumen

Tradicionalmente se utilizó madera proveniente de bosques nativos, caracterizada por una alta densidad acompañada de excelentes propiedades mecánicas y durabilidad natural. La protección de esos bosques condujo a la utilización de madera proveniente de cultivos de rápido crecimiento, la que usualmente presenta un decrecimiento de las propiedades mencionadas anteriormente. La falta de información sobre el comportamiento estructural de estas especies genera incertidumbre y coloca a este material en una clara desventaja frente a otros tradicionalmente empleados en nuestro medio. La reciente redacción del Reglamento Argentino de Estructuras de Madera (CIRSOC 601) pone en evidencia la necesidad de abordar nuevas combinaciones especie-procedencia en los proyectos orientados a la determinación de las propiedades más importantes para el diseño estructural. En este trabajo se presentan y discuten los resultados de ensayos realizados sobre 299 tablas y 232 vigas representativas de cinco dimensiones de uso estructural habitual, preparadas con madera aserrada de Álamo *Populus deltoides* Australiano 129/60 proveniente de bosques implantados en el delta del río Paraná. La parte experimental se realizó de acuerdo a las Normas UNE EN 408:2011 y UNE EN 384:2010. Los resultados prueban que este material, clasificado visualmente por resistencia, presenta propiedades mecánicas que no difieren significativamente de las adoptadas para otras especies cultivadas en el país. En consecuencia, alientan la realización de nuevos estudios orientados a consolidar su uso en estructuras portantes de distinto tipo.

Palabras clave: Clasificación visual, álamo, estructura madera, propiedades mecánicas madera

Abstract

Traditionally, timber was obtained from native forests and was characterized by a high density accompanied by excellent mechanical properties and natural durability. As a consequence of the protection of native species, an increasing number of fast-growing species is used at present for structural purposes. Since the mechanical behavior of these fast-growing species are scarcely known, it is necessary to carry out new studies aimed at making timber a reliable and competitive structural material. The recent edition of the Argentinean design code CIRSOC 601 make evident the necessity of preparing new project aimed at studying the most important mechanical properties of new species-provenance combinations. In this paper are presented and discussed the results of tests performed on 299 boards and 232 beams of *Populus deltoids* "Australian 129/60" in structural sizes. The experimental part was performed according to the UNE EN 408:2011 and UNE EN 384:2010. The results proved that this material, visually strength graded, presents mechanical properties that do not differ significantly from those adopted for other cultivated species in the country and, consequently encourage further studies aimed at improving their use in load-bearing structures of different types.

Keywords: visual strength grading, poplar, wood structures, timber mechanical properties

1. INTRODUCCIÓN

En Argentina, durante mucho tiempo se utilizaron especies nativas de madera dura con propiedades mecánicas adecuadas para el uso estructural. La protección del bosque nativo y los planes de forestación para especies de rápido crecimiento orientan el consumo de madera para la construcción hacia estas nuevas especies y colocan a los profesionales ante la situación de utilizar un material, cuyas propiedades estructurales no conocen con certeza.

Actualmente los estudios sobre la aptitud de la madera para la construcción de estructuras son escasos, se ha podido concretar en normativa IRAM la clasificación visual de tablas de *Araucaria angustifolia* de Misiones, *Pinus taeda* y *Pinus elliottii* de Misiones y Corrientes, y *Eucalyptus grandis* de la Mesopotamia (IRAM 9662/1, 9662/2 y 9662/3), y su utilización en la fabricación de vigas laminadas encoladas (IRAM 9660/1). En cuanto a la madera aserrada se desarrolló la norma IRAM 9670 de clasificación visual de vigas de madera aserrada de *P. taeda* y *P. elliottii*. El esquema de norma IRAM 9662-4 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. Sin embargo, no existen antecedentes comparables que hayan permitido la concreción en una normativa IRAM para tablas o vigas de otras combinaciones especie / procedencia.

La confección de los suplementos del “Reglamento Argentino de Estructuras de Madera”, CIRSOC 601, con los valores de diseño de referencia para las diferentes especies y lugares de procedencia, puso en evidencia esta falta de información sobre el comportamiento estructural de especies de rápido crecimiento. 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).

Existen numerosos trabajos que presentan las pautas para establecer la clasificación visual resistente de especies de rápido crecimiento Hermoso Prieto E (2001), Piter JC (2003a), Guillaumet et al (2007), Casado et al (2009), Casado et al (2011), entre otros. En todos los casos se observa un equilibrio entre los límites propuestos, la mejora de calidad de cada clase y el número de rechazos. Se aprecia como parámetros de primera incidencia en el comportamiento estructural la presencia de médula y la dimensión de los nudos en relación al ancho de la cara donde se manifiestan; en segunda instancia aparecen las deformaciones previas, el ataque biológico, fisuras, inclinación de las fibras y aristas faltantes.

La resistencia en flexión aumenta al disminuir el tamaño de la pieza. Esta variación constatada en diversos trabajos, Piter (2012), Hermoso et al (2002), condujo a la inclusión en los reglamentos NDS (2005), CIRSOC 601 (2013) y Eurocódigo 5 (2005) de correcciones por la altura de la pieza en flexión. En función de esta característica del material, la norma UNE-EN 384:2010 prevé correcciones para ajustar el valor de la resistencia a flexión a una altura de referencia de 150 mm.

Este trabajo tiene por objetivo presentar un método para clasificar visualmente por resistencia la madera aserrada de *Populus deltoides* “Australiano 129/60”, proveniente de bosques implantados en el Delta del Río Paraná, para ser utilizada como madera aserrada estructural.

2. METODOLOGÍA

2.1. Materiales

Se analizaron 531 cuerpos de prueba de *Populus deltoides* 'Australiano 129/60' provenientes de bosques implantados en el Delta del Río Paraná. La tabla 1 presenta el detalle de las escuadrías de los mismos, el año de implante y de tala.

Tabla 1: Detalle de los cuerpos de prueba

SERIE	CANTIDAD	DIMENSIONES NOMINALES			MUESTRA	FECHA	
		Base	Altura	Largo		Implante	Tala
	n	Pulg.	Pulg.	cm.	n	Año	Año
1	300	4	1	50	1	1996	2009
2	66	1	4	200	1	1996	2009
3	56	2	3	200	2	1998	2011
4	56	2	4	200	2	1998	2011
5	54	2	6	300	2	1998	2011

Ambas plantaciones se realizaron con un espaciamiento de 6m x 4m en un terreno plano. Se anegaron por lluvia en pocas oportunidades con no más de quince días de estancamiento del agua y no más de 15-20 cm de altura del agua sobre el terreno. Se les practicó poda de formación al año, poda en altura a los 4 y 7 años de edad. Se realizó control de hormigas, roleado y rastreado en sus primeros 3 años, luego se introdujo ganado. En la plantación 1 se realizó un raleo al 30% a los nueve años y en la plantación 2 a los 7 años.

Los cuerpos de prueba se acopiaron entablillados en el Laboratorio de Estructuras de Madera de la Facultad Regional Venado Tuerto de la Universidad Tecnológica Nacional. Previo al relevamiento de los defectos se cepillaron sus cuatro caras. Finalmente se acopiaron en una cámara de estabilizado a 20°C de temperatura y 65 % de humedad relativa hasta el momento del ensayo.

2.2. Desarrollo experimental

Con los cuerpos de prueba cepillados se procedió al relevamiento de sus defectos: presencia de médula, dimensión de los nudos, deformaciones previas al ensayo, arista faltante, fisuras y ataque biológico. Para realizar estas determinaciones se siguieron las prescripciones de la UNE-EN 14081-1:2006 y los lineamientos de la UNE-EN 1310:1997.

La dimensión de los nudos se midió entre paralelas a las aristas para los nudos de cara, Figura 1, para los nudos de arista se consideró la dimensión más chica que se manifestara en una de las caras, Figura 2. La nudosidad "K" se define como el porcentaje que ocupa la dimensión de cada nudo sobre la dimensión de la cara donde se manifiesta. Las Figuras 1 y 2 corresponden al esquema de norma IRAM 9662/4

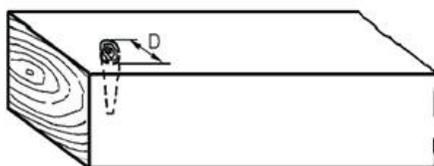


Figura 1: Medición del nudo cara

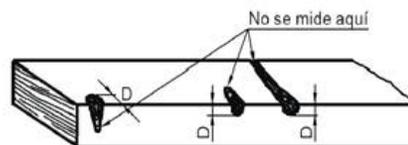


Figura 2: Medición del nudo de arista

Para el ataque biológico se definieron cuatro categorías de afectación (sin afectación, leve, moderada, intensa). Para la presencia de médula, la determinación fue si la pieza incluía o no partes de la misma.

Los ensayos de las series 2, 3, 4 y 5 de la Tabla 1 se realizaron en el laboratorio de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Venado Tuerto, mientras que la serie 1 se ensayó en el Laboratorio de la Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires. Para las series 1, 2 y 3 las cargas se registraron con una celda de carga de 10 KN de carga máxima, mientras que para las series 4 y 5 se utilizó una celda de carga de 50 KN de carga máxima. Las deformaciones para la determinación del módulo de elasticidad global y local se registraron con comparadores digital con una precisión de 0.01 mm. El procedimiento experimental se realizó de acuerdo a las prescripciones de la norma UNE-EN 408:2011. La Figura 3 presenta el esquema de cargas para el ensayo.

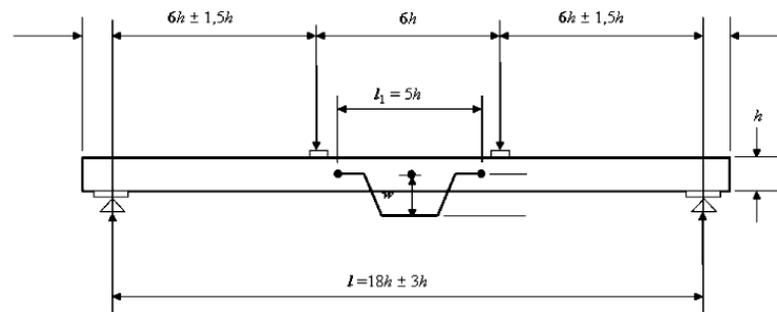


Figura 3: Esquema de cargas

La Figura 4 presenta el ensayo de una viga en la Universidad Tecnológica Nacional FRVT. La Figura 5 presenta el ensayo de una tabla en la Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires.



Figura 4: Ensayo de una viga



Figura 5: Ensayo de una tabla

Los valores obtenidos para la resistencia a la flexión se ajustaron a la altura de referencia de 150 mm de acuerdo a lo establecido en la norma UNE-EN 384:2010, los módulo de elasticidad se ajustaron a la humedad de referencia del 12% según plantea la norma UNE-EN 384:2010 y los de densidad se ajustaron a la humedad de referencia del 12% de acuerdo a la norma UNE-EN 384:2010.

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

La tabla 2 presenta el resumen estadístico de los valores obtenidos para la resistencia a flexión, módulo de elasticidad global y densidad para cada una de las cinco series ensayadas.

Tabla 2: Resumen estadístico de los valores obtenidos para cada una de las 5 series ensayadas

VALORES ESTADÍSTICOS	SERIE 1			SERIE 2			SERIE 3			SERIE 4			SERIE 5			TODAS		
	f_m N	$E_{m,g}$ KN	d Kg/m ³															
Valor medio	38,3	10123	405,0	35,2	9479	402,0	37,3	9587	392,0	35,2	10039	397,0	39,5	7140	460,0	37,9	9750	407,0
Máximo	55,6	13436	517,0	50,3	11955	550,0	45,7	13218	438,0	59,5	13701	446,0	58,6	16169	496,0	59,5	16169	550,0
Mínimo	19,5	4078	346,0	16,5	5673	326,0	25,8	7278	327,0	17,9	6844	344,0	18,4	5166	398,0	16,5	4078	326,0
Percentil 5%	25,5	7279	364,0	17,6	7495	352,0	28,2	7862	350,0	22,3	8114	351,0	18,5	5244	400,0	23,3	6765	361,3
Desvío estandar	6,9	1510	25,6	9,3	1203	36,0	5,2	1267	22,0	9,5	1171	24,0	10,3	1895	25,0	7,8	1651	31,0
COV %	18,1	14,9	6,4	26,4	12,7	8,8	14,1	13,2	5,7	24,9	11,7	6,1	26,0	26,5	5,5	20,6	16,9	7,6
Recuento (n)	287	296	291	65	65	65	48	48	48	49	48	49	38	38	38	487	496	491

Siendo f_m : Resistencia a flexión, $E_{m,g}$: Módulo de elasticidad global y d : densidad
 Las probetas *Populus deltoides* “Australiano 129/60” que presentaban ataque biológico se ensayaron, pero sus valores no fueron tenidos en cuenta en el análisis estadístico, ya que para esta especie no es aceptado por norma, concepto que se pudo corroborar experimentalmente.

3.1. Método propuesto para la clasificación visual de la especie estudiada

Como criterio de clasificación se utiliza el propuesto en el esquema de norma IRAM 9662/4 para tablas de *Populus deltoides* “Australiano 129/60” y “Stoneville 67” cultivados en el Delta del Río Paraná. La clase 1 sin médula y nudosidad menor a 1/3, clase 2 admite médula y nudosidad hasta 2/3, y clase 3 el resto (no aceptada para uso estructural). Los límites para definir las clases resistentes se resumen en la tabla 4.

Tabla 4: Pautas para la clasificación visual en el esquema de norma IRAM 9662/4

De fe cto	Unidad	Clase 1	Clase 2	Clase 3
Médula	-	No se admite	Se admite	Se admite
Nudosidad	mm/mm	≤ 1/3	≤ 2/3	Sin restricciones
Dirección de las fibras	mm/mm	Desviación menor que 1:9		Sin restricciones
Densidad	Kg/m ³	No se aceptan piezas con densidad excepcionalmente baja		Sin restricciones
Fisuras	No pasantes	m	No mayores que 1 m o ¼ de la longitud de la pieza (la que sea menor)	Sin restricciones
	Pasantes	m	Sólo se admiten en los extremos y si son de longitud no mayor que el ancho de la pieza	
Curvatura de cara en 2 m	mm	10	20	Sin restricciones
Curvatura de canto en 2 m	mm	8	12	Sin restricciones
Alabro	mm/mm	Menor que 1 mm por cada 25 mm de ancho.	Menor que 2 mm por cada 25 mm de ancho.	Sin restricciones
Abarquillado		Sin limitación		Sin restricciones
Arista faltante	mm/mm	Transversalmente menor que 1/4 de la cara o canto donde aparece.	Transversalmente menor que 1/3 de la cara o canto donde aparece.	Sin restricciones
		Sin restricciones para el largo		
Ataques biológicos	-	No se admiten zonas atacadas por hongos causantes de pudrición.		Sin restricciones
		Se admiten zonas atacadas por hongos cromógenos.		
		No se admiten orificios causados por insectos		
Madera de reacción	mm/mm	Menor o igual que 1/5	Menor o igual que 2/5	Sin restricciones

La tabla 5 presenta el resumen estadístico de los valores de las propiedades de todas las probetas de *Populus deltoides* “Australiano 129/60” para cada grado resistente de acuerdo a la propuesta de clasificación anterior.

Tabla 5: Valores estadísticos de las propiedades para cada clase resistente para tablas y vigas

VALORES ESTADÍSTICOS	CLASE 1			CLASE 2			CLASE 3		
	f_m N/mm ²	$E_{m,g}$ N/mm ²	d Kg/m ³	f_m N/mm ²	$E_{m,g}$ N/mm ²	d Kg/m ³	f_m N/mm ²	$E_{m,g}$ N/mm ²	d Kg/m ³
Promedio	40,4	9986	405	36,78	9730	409	31,1	8760	409
Desvío Estándar	6,43	1586	29	7,72	1680	30	8,58	1469	40,8
COV [%]	15,9	15,9	725	21	17,3	7,4	27,6	16,8	10,0
Mínimo	19,8	5220	326	17,62	4077	345	16,51	5166	327
Máximo	58,6	13436	496	59,47	16169	514	53,21	11290	550
Percentil 5%	28,8	7022	361	22,58	6487	355	17,4	5703	357

Recuento [n]	237	243	239	196	199	198	54	54	54
Porcentaje [%]	49%	49%	49%	40%	40%	40%	11%	11%	11%

Se realizó el mismo análisis para los resultados de las tablas solamente y se muestran en la tabla 6. Para las serie 3, 4 y 5, que se ensayaron como vigas (la mayor dimensión de la sección en el plano de flexión), los resultados obtenidos son presentados en la tabla 7

Tabla 6: Valores estadísticos de las propiedades para cada clase resistente para tablas

VALORES ESTADÍSTICOS	CLASE 1		CLASE 2		CLASE 3	
	f_m N/mm ²	$E_{m,g}$ N/mm ²	f_m N/mm ²	$E_{m,g}$ N/mm ²	f_m N/mm ²	$E_{m,g}$ N/mm ²
Promedio	40,6	10433	36,37	9940	32,3	8732
Desvío Estándar	6,1	1370	6,9	1554	6,23	1419
COV [%]	15,0%	13,1%	19,0%	15,6%	19,3%	16,3%
Mínimo	22,55	5220	19,54	4077	21,76	6664
Máximo	55,61	13436	49,5	13019	44,35	11289
Percentil 5%	31,12	8357	24,89	6931	22,6	6759
Recuento [n]	153	159	114	117	20	20
Porcentaje [%]	53%	54%	40%	39%	7%	7%

Tabla 7: Valores estadísticos de las propiedades para cada clase resistente en vigas

VALORES ESTADÍSTICOS	CLASE 1		CLASE 2		CLASE 3	
	f_m N/mm ²	$E_{m,g}$ N/mm ²	f_m N/mm ²	$E_{m,g}$ N/mm ²	f_m N/mm ²	$E_{m,g}$ N/mm ²
Promedio	39,9	9140	37,31	9432	30,4	8776
Desvío Estándar	7,1	1632	8,75	1814	9,72	1518
COV [%]	17,6%	17,9%	23,5%	19,2%	32,0%	17,3%
Mínimo	19,8	5244	17,62	6000	16,51	5166
Máximo	58,6	13218	59,47	16170	53,21	11241
Percentil 5%	26,45	6320	21,24	6462	16,68	5343
Recuento [n]	84	84	82	82	34	34
Porcentaje [%]	42%	42%	41%	41%	17%	17%

3.2. Análisis comparativo de las propiedades mecánicas por clase resistente.

La norma IRAM 9662/4 para tablas de álamo, propone como valores de propiedades mecánicas y de densidad, los presentados en la tabla 8.

Tabla 8: Valores característicos de las propiedades mecánicas y densidad por clase resistente según IRAM 9662/4.

Clase de resistencia	Resistencia a la flexión (N/mm ²)	Resistencia a la tracción (N/mm ²)	Módulo de elasticidad (N/mm ²)	Densidad (kg/m ³)
1	24	14	10200	400
2	18	11	9000	400

Los gráficos de columna de las Figuras 6 y 7 nos muestran los valores de resistencia a flexión y módulo de elasticidad global.

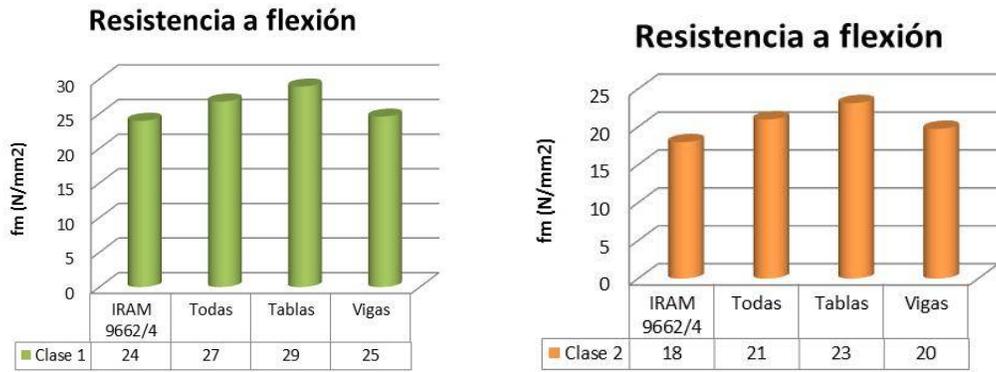


Figura 6: Comparación de los valores de resistencia a flexión por clase

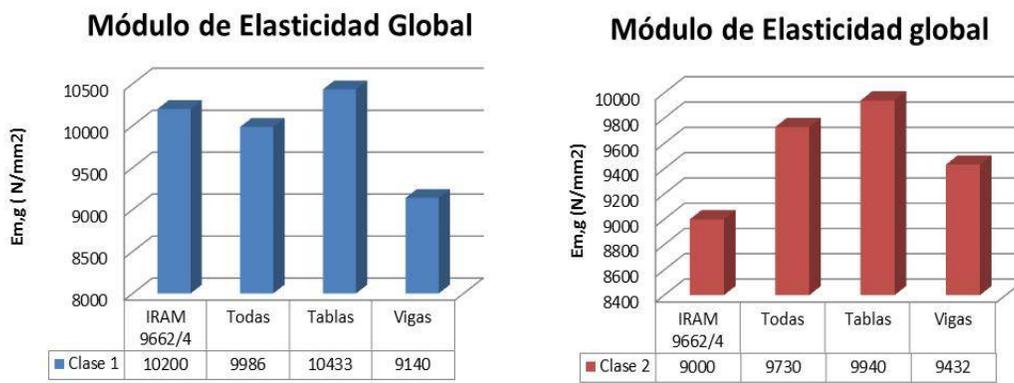


Figura 7: Comparación de los valores de módulo de elasticidad global por clase

Los valores de resistencia a flexión percentil 5% se los corrigió con un coeficiente de 0.93, según prescribe la UNE 384-2010, por ajuste por influencia del número y tamaño de muestras. Aun así, los valores resultaron en ambas clases, superiores a los propuestos en la norma IRAM 9662/4 para *Populus deltoides* “Australiano 129/60” y “Stoneville 67” cultivados en el Delta del Río Paraná.

Para el módulo de elasticidad global, vemos que sucede algo similar a lo anterior, excepto en los valores obtenidos para las vigas solamente. En la tabla 2 podemos observar que la serie 5 de vigas de 2” x 6” presenta un valor medio de módulo de elasticidad global de 7140 N/mm². Según Guillaumet et al (2014) que no incluye la serie de vigas de 2” x 6” en su publicación, el valor medio de módulo de elasticidad global resulta de 9755 N/mm². Esta disparidad está en el orden del 36%, por lo que se deberían realizar más ensayos para determinar las causas que originan esta diferencia.

4. CONCLUSIONES

La influencia de la nudosidad y la presencia de médula en el módulo de elasticidad global de los elementos estructurales ejecutados con madera de *Populus deltoides* “Australiano 129/60” resultan menos significativas que para la resistencia a flexión.

Es posible diseñar un método de clasificación visual que permita obtener una mejora en las propiedades resistentes del clon con un rendimiento razonable y descarte inferior al 17% en el caso de vigas y del 7% en tablas.

Los elementos estructurales ejecutados con madera de *Populus deltoides* “Australiano 129/60” califican para uso estructural y resulta razonable proponer su incorporación al Suplemento 1 del Reglamento Argentino de Estructuras de Madera CIRSOC 601.

5. AGRADECIMIENTOS

A graduados y alumnos del Grupo GIDEC (Grupo de Investigación y Desarrollo de Estructuras Civiles) de la Facultad Regional Venado Tuerto de la Universidad Tecnológica Nacional y al Ingeniero Miguel Tortoriello, al Técnico Luis Seewald y alumnos de la Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires por su invaluable colaboración en el ensayo de los elementos estructurales

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Casado M. et al. 2009. Structural timber classification of *Populus x Euroamericano* I-214.V Congreso Nacional y II Congreso Ibérico Agroingeniería . Lugo. España ISBN: 978-84-692-5560-5, Pág. 10
- Casado M. et al. 2011. Ultrasonidos y parámetros de clasificación visual para la caracterización de madera estructural de *Populus x euramericana* I-214. CIMAD 11 – 1° Congreso Ibero-Latinoamericano da Madeira na Construção, 7-9/06/2011, Coimbra, Portugal
- Castro G. 2006. Usos actuales y posibilidades futuras de la madera de álamo. Jornadas de Salicáceas 2006
- Guillaumet A.A., Filippetti M.C., Acuña Rello L., Piter J.C. (2014) Utilización de la madera de álamo en elementos estructurales. XXXVI Jornadas Sudamericanas de Ingeniería Estructural 2014, Montevideo Uruguay.
- Guillaumet A.A., Manavella R.D., Filippetti M.C., Diab J., Armas A. (2007) Clasificación visual resistente de la *Araucaria Angustifolia* procedente de Eldorado, Misiones, Argentina. III Congreso Iberoamericano de Productos Forestales IBEROMADERA 2007, Buenos Aires.
- Guillaumet A.A., Manavella R.D., Filippetti M.C., Diab J., (2012) Propiedades Estructurales de la madera de *Araucaria Angustifolia* procedente de bosques implantados. XXXV Jornadas Sudamericanas de Ingeniería Estructural, Río de Janeiro. Brasil
- Hermoso E, Fernández-Golfín JJ, Díaz MR. 2002. “Análisis del factor de altura Kh, en madera aserrada de estructural de pino silvestre”. Invest. Agr.: Sist. Recur. For. Vol. 11 (2)
- Hermoso Prieto E. (2001) Caracterización mecánica de la madera estructural de *Pynussylvestris* L.. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Madrid.
- Piter J.C. (2003a) Clasificación por resistencia de la Madera aserrada como material estructural. Desarrollo de un método para el *Eucalyptus grandis* de Argentina. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ingeniería.
- Piter J.C., Zerbino R. L., Blaß H. J (2003b) Relationship between global and local Modulus of Elasticity in beams of Argentinean *Eucalyptus grandis*. Maderas: Ciencia y Tecnología 5(2): 107-116.
- Piter J.C., Zerbino R. L., Blaß H. J (2004). Visual strength grading of Argentinean *Eucalyptus grandis*. Strength, stiffness and density profiles and corresponding limits for the main grading parameters. Holz Roh Werkst 62:1-8 DOI 10.1007/s00107-003-0433-2. 2004
- Piter J.C. (2012) Size effect on bending strength in sawn timber of fast-growing Argentinean *Eucalyptus grandis*. Analysis according to the criterion of European standards. European Journal of Wood and Wood Products 70(1): 17-24

- Agencia Española de Normalización y Certificación. (2010). Madera estructural. Clases resistentes. UNE-EN 338:2010. Madrid.
- Agencia Española de Normalización y Certificación. (2010). Determinación de los valores característicos de las propiedades y la densidad. UNE-EN 384:2010. Madrid.
- Agencia Española de Normalización y Certificación. (2011). Madera aserrada y madera unelaminada encolada para uso estructural. Determinación de algunas propiedades físicas y mecánicas. UNE- EN 408:2011. Madrid.
- Agencia Española de Normalización y Certificación. (1997). Madera aserrada y madera en rollo. Método de medida de singularidades. UNE-EN 1310:1997. Madrid.
- Agencia Española de Normalización y Certificación. (2006). Estructuras de madera. Madera estructural con sección transversal rectangular clasificada por su resistencia. Parte 1: Requisitos generales. UNE-EN 14081-1:2006. Madrid.
- Agencia Española de Normalización y Certificación. (2010). Madera estructural. Asignación de calidades visuales y especies. UNE-EN 1912:2005+A4. Madrid.
- American Forest & Paper Association .American Wood Council.(2005) National Design Specification for Wood Construction. NDS 2005 Washington DC. USA
- European Comité for Standardization (2009).Structural timber – Strength classes. EN 338:2009. Brussels
- European Comité for Standardization (2010).Structural timber and glued laminated timber – Determination of some physical and mechanical properties. EN 408:2010. Brussels
- European Committee for standardization (2005) Eurocode 5: Design of timber structures – Part 1-1: General – Comon rules and rules for buildings. EN 1995-1-1 (2005), Brussels.
- Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad en Obras Civiles. (2011). Reglamento Argentino de Estructuras de Madera (en etapa de discusión pública). CIRSOC 601. Buenos Aires
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (2005). Madera laminada encolada estructural. Parte 1: Clases de resistencia y requisitos de fabricación y de control.. IRAM 9660-1. Buenos Aires.
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (2005). Madera laminada encolada estructural. Clasificación visual de las tablas por Resistencia. Parte 1: Tablas de pino Paraná (*Araucaria angustifolia*). IRAM 9662-1. Buenos Aires.
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (2005). Madera laminada encolada estructural. Clasificación visual de las tablas por Resistencia. Parte 2: Tablas de *Eucalyptus grandis*. IRAM 9662-2. Buenos Aires
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (2005). Madera laminada encolada estructural. Clasificación visual de las tablas por Resistencia. Parte 3: Tablas de Pino taeda - *elliotti*. IRAM 9662-3. Buenos Aires
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (2014). Madera laminada encolada estructural. Clasificación visual de las tablas por Resistencia. Parte 4 – Tablas de álamo ‘australiano 129/60’ y ‘Stoneville 67’ (*Populus deltoides*). Esquema IRAM 9662-4. Buenos Aires
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (2002). Madera estructural. Clasificación en grados de resistencia para la madera aserrada de pinos resinosos (Pino *elliotti* y Pino taeda) del noroeste argentino mediante una evaluación visual. IRAM 9670. Buenos Aires
- International Organization for Standardization (E.) Wood - Determination of moisture content for physical and mechanical tests. ISO 3130 (1975)
- International Organization for Standardization (E). Wood - Determination of density for physical and mechanical tests. ISO 3131 (1975).