

Evaluación del rendimiento de las tablas de *Populus deltoides* `Australiano 129/60` y `Stoneville 67` para la fabricación de vigas laminadas encoladas

GUILLAUMET A. ⁽¹⁾; ACUÑA RELLO L. ⁽²⁾; PITER J. ⁽³⁾

(1) Laprida 651, Venado Tuerto; Profesor Titular Universidad Tecnológica Nacional FR Venado Tuerto; aguillaumet@rec.utn.edu.ar.

(2) Avenida Madrid 57, Palencia, España. Profesor Titular Universidad de Valladolid. maderas@iaf.uva.es.

(3) Ing. Pereira 676, Concepción del Uruguay; Profesor Titular Universidad Tecnológica Nacional FR C. del Uruguay; piterj@frcu.utn.edu.ar.

Resumen:

La madera proveniente de bosques implantados constituye una alternativa de suma importancia en la construcción de edificios. La utilización de piezas de madera aserrada se ve limitada por la carencia de escuadrías importantes, largos adecuados y la presencia de deformaciones por secado. En consecuencia, la producción de vigas de madera laminada encolada se presenta como una solución a los inconvenientes mencionados. En Argentina, las normas IRAM 9660, 9661 y 9662 establecen el marco normativo de calidad y brindan características de resistencia y de rigidez para este producto, pero solo contemplan la utilización de madera de *Pinus taeda*, *P. elliotii*, *Araucaria angustifolia* y *Eucalyptus grandis*. En la actualidad se están modificando las normas mencionadas para incorporar a las mismas la madera de *Populus deltoides* `Australiano 129/60` y `Stoneville 67` cultivados en el delta del río Paraná. En la nueva normativa se establecen las pautas para la clasificación visual de las tablas en grados resistentes y se brindan los correspondientes valores esperables para las propiedades mecánicas. Cuando una tabla exhibe defectos (parámetros) que exceden los límites establecidos para una determinada clase resistente, es necesario sanearlos para que su utilización sea viable. Esta tarea constituye un trabajo adicional que culmina con la conformación de una unión dentada (finger) para restituir la continuidad de la lámina, lo cual aumenta los costos y normalmente genera una sección debilitada. Por lo tanto, razones tanto técnicas como económicas ameritan analizar el porcentaje de tablas que pueden asignarse a cada clase resistente sin la necesidad de eliminar defectos. Con el propósito de estudiar el rendimiento de la madera obtenida de los clones antes mencionados, se ejecutó un proyecto sobre un total de 296 tablas con una longitud de 2,2 m. Se encontró que el 46 % de las tablas califican directamente en el grado 1 y el 52 % en grado 2. Se observó también que la gran mayoría de las piezas de grado 2 pueden transformarse en grado 1 saneando solamente un nudo. No obstante, un alto porcentaje de tablas presenta ataque biológico producido por insectos y debe eliminarse en ambos grados pues afecta severamente el comportamiento mecánico. Puede concluirse que ambos clones presentan una baja nudosidad que permite construir vigas laminadas encoladas con una gran separación entre las uniones dentadas y muy pocos rechazos. Para aprovechar al máximo esta característica ventajosa que presenta la nudosidad se deberían aumentar los esfuerzos para disminuir el ataque de insectos.

Palabras clave: *Populus deltoides*, `Australiano 129/60`, `Stoneville 67`, vigas laminadas encoladas.

1- INTRODUCCIÓN

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 las mencionadas especies 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.

Si bien al día de la fecha los estudios sobre la aptitud de la madera en 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).

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 Delta del Río Paraná se aprecia su cercanía a un mercado de consumo potencial muy importante.

El proceso para incorporar la madera de álamo a la Norma Iram 9660/1 está en su etapa final, esto le permitirá a los clones estudiados, ‘Australiano 129/60’ y ‘Stoneville 67’ cultivados en el Delta del Río Paraná, incorporarse al mercado de la construcción como vigas laminadas encoladas, abriendo una nueva posibilidad de explotación comercial.

Para obtener vigas laminadas de clase 1 o clase 2 es necesario utilizar tablas que califiquen en cada una de esas categorías. La presencia de defectos por fuera de los permitidos en la norma de clasificación visual de tablas, proyecto IRAM 9662/4 para *Populus*, exige el descarte del elemento o el saneamiento de los defectos mediante corte y extracción del sector. La presencia de nudos es el defecto que obliga a más cortes y desperdicio de madera, por ello obtener piezas con pocos nudos o nudos pequeños es de importancia a la hora de evaluar la aptitud del elemento para la fabricación de vigas laminadas encoladas y el rendimiento económico.

La presencia de ataque biológico, no admitido para ninguna de las clases, genera otro sector de la pieza con defectos que deben ser saneados para que la tabla califique.

La unión entre las tablas en el sentido axial se realiza a través de la denominada “finger joint”, regulada por la norma IRAM 9661. La construcción de la unión genera una sección debilitada por disminución de área de trabajo y con tensiones giradas un cierto ángulo de la dirección de las fibras. Los ensayos sobre vigas laminadas encoladas demuestran que en la mayor parte de los casos la rotura del elemento estructural se inicia en la mencionada unión. Esta implicancia estructural nos indica que se deben reducir al mínimo las uniones.

Este trabajo tiene por objetivo analizar el rendimiento de las tablas de los clones estudiados para la confección de vigas laminadas encoladas en función de la cantidad y dimensiones de los defectos que se hallaron en las mismas.

2- MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron 296 tablas de 1"x 4" x 2,20 metros de largo, correspondiendo 172 de ellas al clon *Populus deltoides* 'Australiano 129/60' y 124 al clon 'Stoneville 67'. Todas las tablas provienen de bosques implantados en el Delta del Río Paraná.

La plantación de 'Australiano 129/60' fue establecida en el año 1998, a 6 x 4 m de espaciamiento, en un terreno plano despues de la caída de un albardón, con zanjas cada 80 m aproximadamente. Se plantó con estacas de 80 cm de largo enterrando las mismas unos 50 cm. Se anegó por lluvia parte del monte en pocas oportunidades con no más de una semana de estancamiento del agua y no más de 15-20 cm de altura del agua sobre el terreno. Se le practicó poda de formación al año, poda en altura a los 4 y 7 años de edad. Se realizó control de hormigas, roleo y rastreado en sus primeros 3 años, luego se introdujo ganado. Se realizó un raleo al 30% en el año 2005, y la corta final a fines del 2011.

El Stoneville 67 tenía 16 años de edad, fue plantado con estacas de 1 m, enterradas unos 60 a 70 cm a 5x3 m, en campo plano pero bien drenado sin encharcamientos y sin insuficiencias hídricas. Se practicó poda de conducción al primer año, podas de formación a los 5 y 9 años de edad, a unos 6 m de altura. Se realizó un raleo al 30% a los 7 años de edad.

Las tablas se acopiaron entablilladas 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.

De cada una de las tablas se relevó la presencia de médula, el ataque biológico y la cantidad y dimensión de los nudos.

En el relevamiento de los nudos se determinó cuantos nudos poseía cada tabla y qué porcentaje de la cara ocupaba cada uno. Para medir la dimensión de los nudos se utilizó el criterio establecido en las Normas IRAM 9662, se grafica en las Figuras 1 y 2.

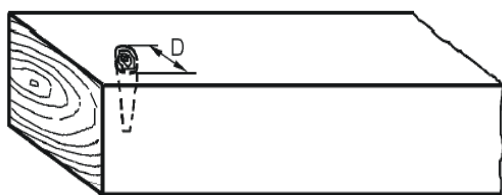


Figura 1: Medición de nudo de cara

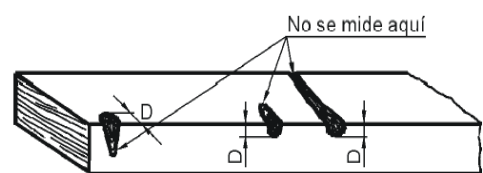


Figura 2: Medición de nudo de Arista

Con respecto al ataque biológico se observaron los orificios que presentaban todas las caras y se definieron cuatro grados de ataque (sin ataque, escaso, moderado, intenso). Se calificó como ataque leve cuando la sección presentaba solamente uno o dos orificios sobre una de las caras, como ataque moderado cuando se presentaban unos pocos orificios en más de una cara de la

sección y como ataque intenso cuando la cantidad de orificios observada en la sección era mayor y afectaba más de una cara.

Para la presencia de médula se determinaron dos categorías: con médula y sin médula.

3- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Antes de presentar los resultados corresponde mencionar que el proyecto de Norma IRAM 9662/4 establece que para el grado 1 no se admite médula y los nudos no deben ocupar más de 1/3 de la cara donde manifiestan, mientras que para el grado 2 se admite médula y los nudos hasta 2/3 de la cara donde se manifiestan. En ninguna de los dos grados se admite ataque biológico. El grado 3 lo constituye el resto de las tablas, y corresponde al descarte.

Las Tablas 1 y 2 presentan un detalle de los defectos relevados en las piezas. La Tabla 1 presenta la cantidad y dimensión de los nudos hallados, indicando en cada caso si la tabla poseía o no médula. Se puede apreciar que la presencia de médula ocurre en una proporción menor de tablas en el Australiano que en el Stoneville, 15% versus el 38%. En cuanto a la nudosidad se debe destacar que es casi nula la existencia de nudos mayores a 2/3 y que la gran mayoría de las tablas sin médula presenta un solo nudo.

CLON	DESCRIPCION	TABLAS DE ACUERDO A LA DIMENSIÓN DE LOS NUDOS						TOTAL	
		NUDO < 33%		33%<NUDO<66%		66%<NUDO			
AUSTRALIANO	TABLAS	95	55%	72	42%	5	3%	172	100%
	TABLAS SIN MEDULA CON 1 NUDO	-	-	41	85%	4	100%	45	
	TABLAS SIN MEDULA CON 2 NUDOS	-	-	5	10%	-	-	5	
	TABLAS SIN MEDULA CON 3 NUDOS	-	-	2	4%	-	-	2	
	TABLAS TOTALES SIN MEDULA	95	65%	48	33%	4	3%	147	85%
	TABLAS TOTALES CON MEDULA	0	0%	24	96%	1	4%	25	15%
STONEVILLE	TABLAS	42	34%	82	66%	0	0,00%	124	100%
	TABLAS SIN MEDULA CON 1 NUDO	-	-	27	77%	0	0,00%	27	
	TABLAS SIN MEDULA CON 2 NUDOS	-	-	6	17%	-	-	6	
	TABLAS SIN MEDULA CON 3 NUDOS	-	-	2	6%	-	-	2	
	TABLAS TOTALES SIN MEDULA	42	55%	35	45%	0	0,00%	77	62%
	TABLAS TOTALES CON MEDULA	0	0%	47	100%	0	0,00%	47	38%

Tabla 1: Detalle del relevamiento de la nudosidad y la presencia de médula.

La tabla 2 permite visualizar la cantidad de piezas afectadas por ataque biológico y la intensidad del mismo. Un 65 % de las piezas presentó ataque biológico con un mayor impacto en las piezas de Australiano, un 70 % versus el 57 % del Stoneville.

CLON	ATAQUE BIOLÓGICO								TOTALES	
	SIN ATAQUE		LEVE		MODERADO		INTENSO			
Australiano 129/60	51	30%	55	32%	28	16%	38	22%	172	100%
Stoneville 67	53	43%	55	44%	14	11%	2	2%	124	100%
Todas	104	35%	110	37%	42	14%	40	14%	296	100%

Tabla 2: Detalle del ataque biológico observado en cada clon.

En la Tabla 3 se presentan los resultados de la clasificación visual realizada sobre los dos clones. Llama la atención el alto número de rechazos que se debe fundamentalmente a la presencia de ataque biológico. En el caso del Australiano el 96% del rechazo es por este motivo y en el Stoneville el 100% del rechazo es por esta causa. Esto nos indica que ambos clones, con el tratamiento silvicultural descrito, prácticamente no presentan nudos que superen los 2/3 de la cara donde se manifiestan.

DESCRIPCION	GRADO						TOTAL	
	1		2		3			
DIMENSION DEL NUDO	NUDO < 33%		33%<NUDO<66%		66%<NUDO			
MEDULA	NO ADMITE		ADMITE		ADMITE			
ATAQUE BILOGICO	NO ADMITE		NO ADMITE		ADMITE			
AUSTRALIANO	23	14%	28	16%	121	70%	172	100%
STONEVILLE	14	11%	39	32%	71	57%	124	100%
TOTAL	37	13%	67	23%	192	64%	296	100%

Tabla 3: Distribución de las tablas enteras en grados resistentes mediante clasificación visual.

En virtud de que el objetivo del presente trabajo era evaluar el rendimiento para fabricar vigas de madera laminada encolada, se analiza qué porcentaje de piezas se pueden incorporar a los grados estructurales, 1 y 2, a través de extraer las secciones con defectos. Se trabajó sobre la hipótesis de dos cortes como máximo, esto nos conduce a láminas de un largo mínimo de alrededor de los 60 cm, este largo se corresponde con la separación de las uniones finger.

La tabla 4 presenta el detalle de tablas que se pueden migrar de los grados 2 y 3 al grado 1 saneando defectos en una o dos secciones, se debe tener en cuenta que como el grado 1 no admite médula solo se pueden incorporar las piezas que no la poseen. Se puede apreciar que el Australiano permite la mejora de un mayor porcentaje de piezas. Solo el 36% de las piezas que calificaban en los grado 2 y 3 de la Tabla 3 no se pueden incorporar al grado 1 con dos cortes.

CLON	1 CORTE		2 CORTES		NO PASAN		SUBTOTAL	
AUSTRALIANO	62	41%	50	34%	37	25%	149	100%
STONEVILLE	33	30%	20	18%	57	52%	110	100%
TOTAL	95	37%	70	27%	94	36%	259	100%

Tabla 4: Detalle del corte de defectos para pasar las tablas de los grados 2 y 3 al grado 1.

La tabla 5 presenta el detalle de tablas que se pueden migrar del grado 3 al grado 2 saneando defectos en no más de dos secciones. Se puede apreciar que con dos cortes se pueden incorporar todas las tablas que restaban al grado 2, no quedando ninguna en el grado de rechazo.

CLON	1 CORTE		2 CORTES		NO PASAN		SUBTOTAL	
AUSTRALIANO	10	42%	14	58%		0%	24	100%
STONEVILLE	22	65%	12	35%		0%	34	100%
TOTAL	32	55%	26	45%	0	0%	58	100%

Tabla 5: Detalle de los cortes de defectos para pasar las tablas del grado 3 al grado 2.

En la tabla 6 se presentan los resultados de la clasificación visual considerando que se sanearon los defectos en una sola sección. El 45 % de las piezas clasifica en grado 1 y el 35 % en grado 2, con un descarte del 20%. Las piezas de Australiano califican en el grado 1 en un porcentaje mayor que el Stoneville, esto es por la presencia de médula en muchas de las tablas de este clon, pero también el Australiano presenta un porcentaje de descarte más alto.

DESCRIPCION	GRADO						TOTAL	
	1		2		3			
AUSTRALIANO	85	49%	46	27%	41	24%	172	100%
STONEVILLE	47	38%	57	46%	20	16%	124	100%
TOTAL	132	45%	103	35%	61	20%	296	100%

Tabla 6: Distribución en grados resistentes de las tablas saneadas en una sección.

En la tabla 7 se presentan los resultados de la clasificación visual considerando que se sanearon los defectos hasta en dos secciones, se aprecia que el 68 % de las piezas clasifica en grado 1 y que no hay piezas en el grado 3 de descarte. El Australiano presenta un mayor porcentaje de piezas que califica en el grado 1 que el Stoneville.

DESCRIPCION	GRADO						TOTAL	
	1		2		3			
AUSTRALIANO	135	79%	37	21%	0	0%	172	100%
STONEVILLE	67	54%	57	46%	0	0%	124	100%
TOTAL	202	68%	94	32%	0	0%	296	100%

Tabla 7: Distribución en grados resistentes de las tablas saneadas hasta en dos secciones.

Para visualizar con mayor claridad la mejora en el rendimiento con el saneamiento de los defectos se presentan los Gráficos 1 a 3. El Gráfico 1 presenta la evolución porcentual de las piezas en el grado 1 desde la situación sin sanear defectos hasta el saneamiento en dos secciones. El crecimiento global de todas las piezas pasa desde el 13 % hasta el 68 % con dos cortes, además se marca claramente el mejor rendimiento observado en el Australiano.

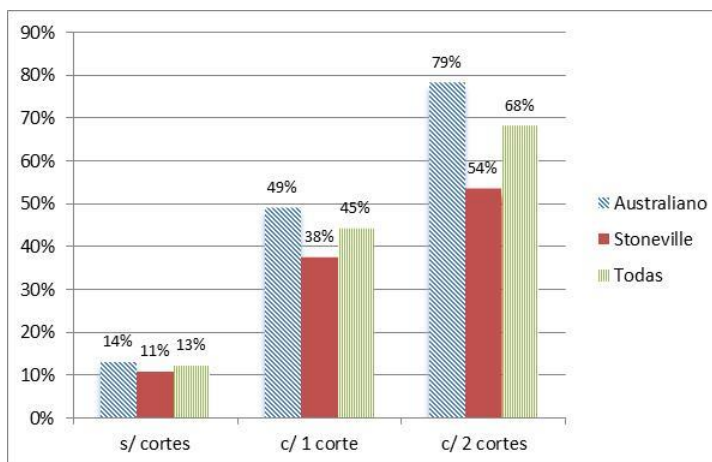


Gráfico 1: Tablas que clasifican en el grado resistente 1 según la cantidad de cortes.

El gráfico 2 muestra el rendimiento en el grado 2, se puede apreciar el crecimiento que presenta con el saneamiento de un defecto. No se observan cambios al pasar de un corte a dos cortes por la razón que una parte de la población del grado 2 al sanear dos defectos pasaron a calificar en grado 1 y se incorporaron nuevas probetas al grado 2 desde el grado 3.

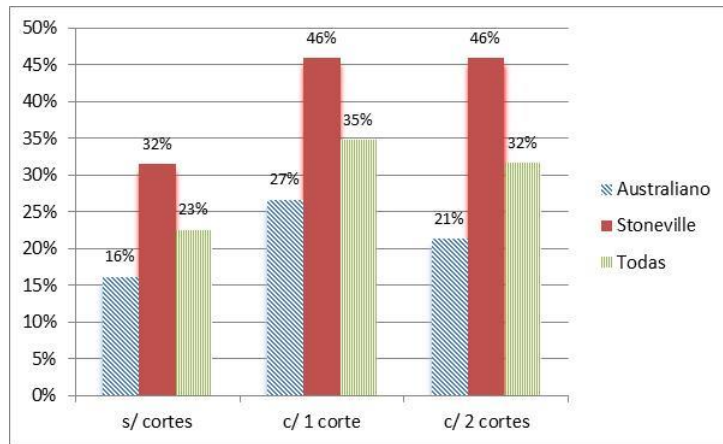


Gráfico 2: Tablas que clasifican en el grado resistente 2 según la cantidad de cortes.

El gráfico 3 que muestra la evolución de las piezas que califican en grado 3, descarte, nos muestra la importante reducción que sufre con el saneamiento de un defecto y que al sanear 2 defectos no queda descarte

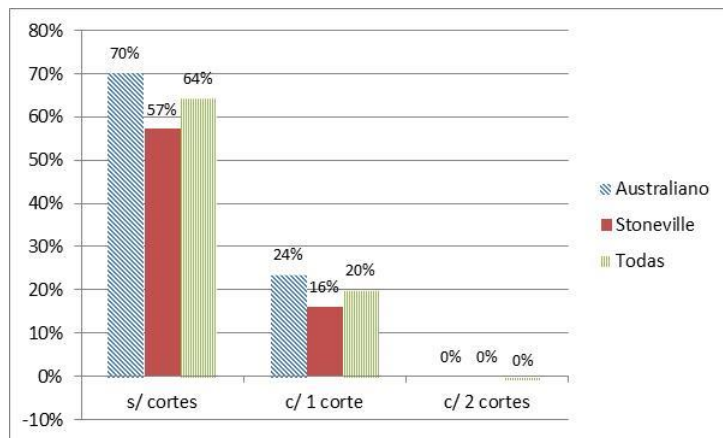


Gráfico 3: Tablas que clasifican en el grado resistente 3 según la cantidad de cortes.

4- CONCLUSIONES

Ambos clones se presentan como muy rendidores a los efectos de la fabricación de vigas laminadas encoladas, calificando en grado 1 el 68 % de las piezas con el saneamiento de defectos hasta en dos secciones,

El alto porcentaje de tablas con ataque biológico, 65 %, obliga a practicar al menos un corte adicional en esas piezas.

Si disminuyera la incidencia del ataque biológico se podría obtener un muy alto porcentaje de tablas de grado 1 con un solo corte y en consecuencia vigas laminadas encoladas con uniones finger cada 90 cm en promedio.

Se aprecia una menor incidencia del ataque biológico en las tablas de Stoneville 67.

El Australiano 126/60 presentó un mejor rendimiento para el grado 1.

Un buen porcentaje de tablas se las puede utilizar en todas su extensión, 2,20 m, luego de practicarle el despunte. Se deben cuidar en este caso las deformaciones por secado.

Con la poda practicada en estas plantaciones y la afectación por insectos observada la madera de ambos clones se presenta como apta para ejecutar vigas laminadas encoladas con un buen rendimiento, una razonable separación entre uniones finger y el potencial de mejorar los parámetros si se disminuye el ataque de insectos.

5- BIBLIOGRAFÍA

Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles. CIRSOC 601 – Reglamento Argentino de Estructuras de Madera, Buenos Aires, 2013, 176 p.

Instituto Argentino de Normalización y Certificación. IRAM 9660-1. Madera laminada encolada estructural. Clases de resistencia y requisitos de fabricación y de control, Buenos Aires, 2006, 27p.

Instituto Argentino de Normalización y Certificación. IRAM 9661. Madera laminada encolada estructural. Requisitos de los empalmes por unión dentada, Buenos Aires, 2006, 17 p.

Instituto Argentino de Normalización y Certificación. IRAM 9662-1. Madera laminada encolada estructural. Clasificación visual de las tablas por Resistencia. Parte 1: Tablas de Pino Paraná (*Araucaria angustifolia*), Buenos Aires, 2006, 15 p.

Instituto Argentino de Normalización y Certificación. IRAM 9662-2. Madera laminada encolada estructural. Clasificación visual de las tablas por Resistencia. Parte 2: Tablas Eucalipto (*Eucalyptus grandis*), Buenos Aires, 2006, 15 p.

Instituto Argentino de Normalización y Certificación. IRAM 9662-3. Madera laminada encolada estructural. Clasificación visual de las tablas por Resistencia. Parte 3: Tablas de Pino Taeda y Elliotti (*Pinus taeda* y *elliottii*), Buenos Aires, 2006, 15 p.

Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Proyecto IRAM 9662-4. Madera laminada encolada estructural. Clasificación visual de las tablas por Resistencia. Parte 4: Tablas de Álamo (*Populus deltoides* 'Australiano 129/60' y *P. deltoides* 'Stoneville 67'), Buenos Aires.