

CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE ESPECIES DE ÁLAMO COMO APORTE A LA NORMA CIRSOC 601

² José N. Cortizo, ¹ Ignacio Guarino, ¹ Fernando Quiroga, ² Ricardo D. Bassotti, ² Cristian O. Bay

Alumnos de grado ² Docentes investigadores
Grupo de Estudio de Estructuras de la Facultad Regional San Rafael
Universidad Tecnológica Nacional
nicocortizo@gmail.com - cbay@frsr.utn.edu.ar

Resumen

Frente a la necesidad de determinar los valores característicos de resistencia de la madera aserrada de Álamo y proponer su incursión en el sistema internacional de clases resistentes se realiza un estudio sobre 398 piezas de álamo provenientes de la zona sur de Mendoza.

A estas piezas se las somete a ensayos de flexión simple para determinar los valores medios y característicos de Resistencia, Rigidez y Densidad según los lineamientos de la norma IRAM 9663 realizando sus correcciones por contenido de humedad y altura de probeta.

Se concluye que la existencia de médula en las piezas de madera de álamo no influye en sus propiedades físico mecánicas.

Para futuros estudios, se plantea la importancia de seguir este análisis en cuanto a la clasificación resistente de la Clase 1, inclusiva y exclusiva respecto a la existencia de médula.

Introducción

Considerando menéster determinar los valores característicos de resistencia de la madera aserrada de Álamo de cultivares del sur de Mendoza; y proponer su incursión en el sistema internacional de clases resistentes aportando los valores de Módulo Resistente, Módulo de Elasticidad y Densidad al reglamento CIRSOC 601 (2013) para su uso en cálculo estructural se someten piezas de tamaño estructural a clasificación visual para determinar su calidad por los criterios de la norma IRAM 9660.

Posteriormente, se realiza la clasificación mecánica automática que, a través de la medida de la Propiedad Indicadora, establece las distintas clases de calidad. Tras este proceso se determina la calidad resistente del ensayo de las piezas hasta la rotura según la norma IRAM 9663 de determinación de las propiedades físico-mecánicas.

Materiales y métodos

En total se estudian 398 piezas de madera estructural de Álamo de diferentes secciones y especies obtenidas de distintos aserraderos de la zona que garantizan la procedencia de los especímenes dentro de los límites geográficos del sur de la Provincia de Mendoza.

Estas piezas se agrupan en 4 muestras según tamaño y proveedor, siendo la más numerosa la muestra N°2 (TR) compuesta por 160 especímenes de 1" x 5". Luego le sigue en cantidad de probetas, la muestra N°4 (TD) compuestas por tablas de iguales dimensiones pero provistas por otro aserradero. Finalmente tenemos las muestras N°3 (AAD) y N°4 (AR) de 80 y 60 alfajías respectivamente, con dimensiones de 2" x 3". Todas provenientes de aserraderos de San Rafael.

Luego de clasificar visualmente los especímenes correspondientes a cada muestra según norma IRAM 9662, se obtuvieron las cantidades correspondientes a cada clase resistente y sus porcentajes de incidencia tanto para cada muestra como para el total (tabla 1).

Tabla 1 – Clasificación Visual de Muestras

CLASIFICACION VISUAL DE LA MADERA DE ACUERDO CON IRAM 9662									
MUESTRA	DIMENSIONES DE ESPECIMENES	CLASIFICACION VISUAL						TOTAL	% DE INCIDENCIA
		CLASE I		CLASE II		RECHAZOS			
		CANT.	%	CANT.	%	CANT.	%		
1 (A.R.)	2" x 3"	17	28.33	32	53.33	11	18.33	60	15.08
2 (T.R.)	1" x 5"	68	42.50	83	51.88	9	5.63	160	40.20
3 (AAD)	2" x 3"	38	47.50	37	46.25	5	6.25	80	20.10
4 (TD)	1" x 5"	68	69.39	26	26.53	4	4.08	98	24.62
TOTAL		191	47.99	178	44.72	29	7.29	398	100

Análisis de resultados obtenidos por la clasificación visual

La Densidad se determinó sobre probetas de pequeñas dimensiones representantes de cada pieza. En la figura 1 se muestran los resultados obtenidos de valores medios y característicos de densidad corregidos para un contenido de humedad del 12%, para las distintas muestras. Los valores totales se calcularon, como dicta la norma IRAM 9664, es decir con la media ponderada de las poblaciones componentes.

Tabla 2 – Valores Medios y Característicos para la Densidad

DENSIDAD - GENERAL					
MUESTRA	VALORES	CLASIFICACION VISUAL			TOTAL
		CLASE I	CLASE II	RECHAZOS	
1 (A.R.)	MEDIO	421.12	429.53	424.27	426.18
	PERCENTIL 5%	368.50	351.89	354.40	355.82
2 (T.R.)	MEDIO	429.77	408.88	438.22	419.41
	PERCENTIL 5%	359.73	343.24	376.96	348.01
3 (AAD)	MEDIO	419.84	430.97	423.20	425.20
	PERCENTIL 5%	359.69	352.80	371.79	352.76
4 (TD)	MEDIO	429.94	429.35	433.25	429.92
	PERCENTIL 5%	400.31	397.22	408.01	399.86

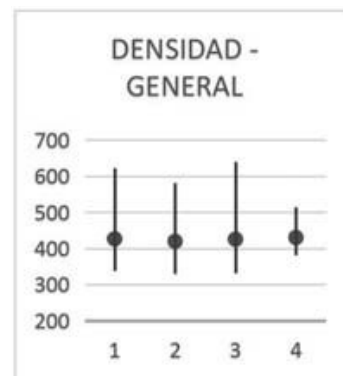


Fig. 1 – Valores de Densidad

Se observa que el valor de la densidad es muy homogéneo, con muy poca variación, ya sea para las distintas clases resistentes como para las distintas muestras.

A la vista de cualquiera de los análisis se aprecia que no existen diferencias significativas entre las distintas muestras, y que si bien las fluctuaciones de valores entre los valores máximos y mínimos para cada una varían considerablemente, en especial los máximos, los valores medios son muy homogéneos y casi idénticos para las cuatro muestras.

Comparando el rango de valores totales de las muestras, la muestra 4 alcanza un rango de valores bastante más acotado que el resto, y muy próximos a la media, pudiendo deberse al hecho de que se trate de maderas de una misma especie de álamo, en caso de suponer que la densidad varía según la especie en cuestión.

Para el caso de la Resistencia se realizó el procedimiento que dicta la norma IRAM 9663 y los resultados obtenidos fueron para el Módulo de Rotura a flexión (MOR), se presenta la Figura 2. En ella, de nuevo se analizan los resultados para las distintas clases resistentes establecidas por la norma IRAM 9662.

Tabla 3 – Valores Medios y Característicos para MOR

MOR - GENERAL					
MUESTRA	VALORES	CLASIFICACION VISUAL			TOTAL
		CLASE I	CLASE II	RECHAZOS	
1 (A.R.)	MEDIO	40.35	26.64	21.54	29.59
	PERCENTIL 5%	29.60	14.23	12.84	13.12
2 (T.R.)	MEDIO	41.94	37.78	36.48	39.48
	PERCENTIL 5%	29.20	26.54	25.97	26.45
3 (AAD)	MEDIO	42.49	39.15	41.42	40.88
	PERCENTIL 5%	24.94	23.31	25.92	23.69
4 (TD)	MEDIO	40.53	36.06	43.34	39.46
	PERCENTIL 5%	29.34	26.69	37.00	26.82

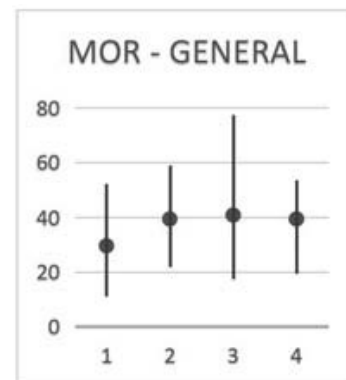


Fig. 2 – Valores de MOR

Se aprecia el comportamiento esperado, de que los valores de resistencia de la Clase 1, sean mayores que los de la Clase 2, y los de ésta última mayor a los de Rechazo. Este comportamiento se cumple tanto en los resultados medios como en los característicos (percentil 5%), lo que confirma la utilidad de la clasificación visual.

Haciendo un análisis de la varianza (ANOVA) se concluye que existen dos grupos diferenciados de muestras basados en la media del MOR. Las muestras 2, 3 y 4 forman uno de ellos, siendo los datos de 3 los de mayor intervalo. El segundo grupo está constituido por una única muestra, la N° 1, aportando las medias de resistencia más bajas en este estudio.

De acuerdo con la norma IRAM 9664, otra propiedad responsable de la clasificación mecánica de una especie de madera es el módulo de elasticidad (MOE). A continuación se presenta la tabla 4 con los valores obtenidos para dicha variable clasificadora al 12% de humedad, para las diferentes clases resistentes y para cada muestra analizada.

Antes de comenzar vale aclarar que sólo se analiza el módulo de elasticidad global en flexión para las muestras 2, 3 y 4 debido a que en la muestra N° 1 no se determinó el MOE Global sino que los valores obtenidos corresponden al MOE Local.

Tabla 4 – Valores Medios y Característicos para MOE

MOE Global - GENERAL					
MUESTRA	VALORES	CLASIFICACION VISUAL			TOTAL
		CLASE I	CLASE II	RECHAZOS	
2 (T.R.)	MEDIO	8328.62	8191.54	8209.67	8250.82
	PERCENTIL 5%	5412.73	6255.87	6479.72	6060.67
3 (AAD)	MEDIO	10193.70	9821.97	10650.80	10050.40
	PERCENTIL 5%	7994.81	5510.06	8520.66	6770.91
4 (TD)	MEDIO	10060.80	9630.88	10218.30	9953.17
	PERCENTIL 5%	8282.06	7871.82	9149.44	8137.06

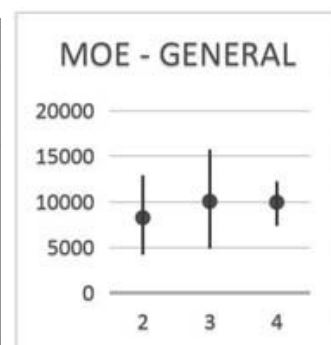


Fig. 3 – Valores de MOE

Como primeras observaciones a la vista de los resultados de la Figura 3, las clases definidas por la norma IRAM 9662 cumplen las condiciones de Clase 1, demostrando la eficacia en la diferenciación entre clases que aporta dicha norma (exceptuando el valor característico para la muestra 2).

El gráfico de la Figura 3 representa los resultados obtenidos en un test de múltiples rangos, estableciendo dos grupos de regiones homogéneas claros, el formado por las muestras 3 y 4 y el de la muestra 2.

Como resumen del comportamiento de las muestras objeto de estudio frente a las propiedades físico-mecánicas, se presentan en la tabla 2 los resultados medios, distinguiendo entre valores

bajos (B), medios (M) y altos (A) para las distintas muestras obtenidos de un análisis de varianza (ANOVA):

Tabla 5 – Comparación de Valores Medios

GENERAL				CLASE I				CLASE II			
MOR	B	M	A	MOR	B	M	A	MOR	B	M	A
1	29.6			1		40.4		1	26.6		
2		39.5		2			41.94	2		37.8	
3		40.9		3			42.49	3		39.2	
4		39.5		4		40.5		4		36.1	
MOR	37.35			MOR	41.33			MOR	34.91		
MOE	B	M	A	MOE	B	M	A	MOE	B	M	A
2	8251			2	8329			2	8192		
3			10050	3			10194	3		9822	
4		9953		4			10061	4		9631	
MOE	9418			MOE	9528			MOE	9215		
DENSIDAD	B	M	A	DENSIDAD	B	M	A	DENSIDAD	B	M	A
1		426		1		421		1			430
2		419		2			430	2	409		
3		425		3		420		3			431
4			430	4			430	4		429	
DENSIDAD	425			DENSIDAD	425.25			DENSIDAD	424.75		

Análisis sobre la influencia de la médula en las clases resistentes

La norma IRAM 9662 define a la presencia de médula, ya sea en el interior de la pieza o en sus superficies, como uno de los parámetros que reducen la capacidad resistente de la pieza. Para el caso puntual del Álamo, se intenta demostrar en el análisis siguiente que la presencia de médula no influye en su calidad resistente, ya sea estando ubicada en el interior o en las superficies de la pieza.

Se analizan 98 piezas de 1" x 5" correspondientes a la muestra 4 (ver clasificación en Tabla 1). A continuación, en la tabla 3, puede observarse la distribución de piezas resultantes en cada clase para dicha muestra:

Tabla 6 – Clasificación de Tablas según existencia de Médula

CLASIFICACION SEGÚN EXISTENCIA DE MEDULA PARA CLASE II						
MUESTRA	DIMENSIONES DE ESPECIMENES	CLASE II				TOTAL
		POR MEDULA		POR NUDOSIDAD		
		CANT.	%	CANT.	%	
TD	1" x 5"	10	38.46	16	61.54	26

En la tabla 4 se toman los valores del módulo de rotura a flexión, corregido para la dimensión de referencia de 150 mm, del módulo de elasticidad global y densidad corregidos a la humedad de referencia del 12%, de acuerdo con IRAM 9663 para los distintos grupos planteados. Siendo: **G**, el total de las piezas; **CI**, las piezas correspondientes a la Clase I según norma; **CI+M**, las piezas correspondientes a la Clase I más las que poseen médula sin nudosidad; **CII**, las piezas correspondientes a la Clase II según norma; **CIIxN**, piezas de Clase II únicamente por nudosidad; **CIIxM**, piezas de Clase II únicamente por presencia de médula; **Rechazos**, aquellas no pertenecientes a ninguna clase resistencia por exceso de defectos.

Tabla 7 – Valores Medios y Característicos para las distintas clases según existencia de Médula

TD - ANALISIS DE LA MEDULA								
VARIABLE	VALORES	CLASIFICACION VISUAL						
		G	CI	CI+M	CII	CII x N	CII x M	Rechazos
MOR	MEDIO	39.46	40.53	40.21	36.06	34.85	37.98	43.34
	CARACT. 5%	26.82	29.34	26.82	36.69	27.63	26.74	37.00
	CARACT. 7.5%	29.13	30.81	29.74	26.83	28.33	26.78	37.31
MOE	MEDIO	9953	10061	10064	9631	9348	10084	10218
	CARACT. 5%	8137	8282	8310	7872	7692	8900	9149
DENS.	MEDIO	430	430	431	429	426	435	433
	CARACT. 5%	400	400	401	397	392	408	408

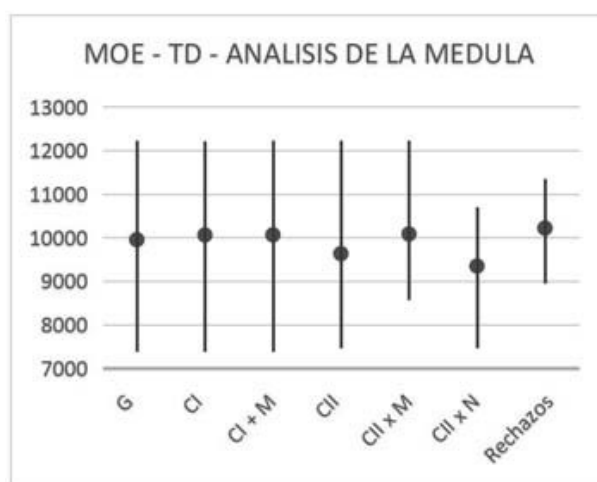
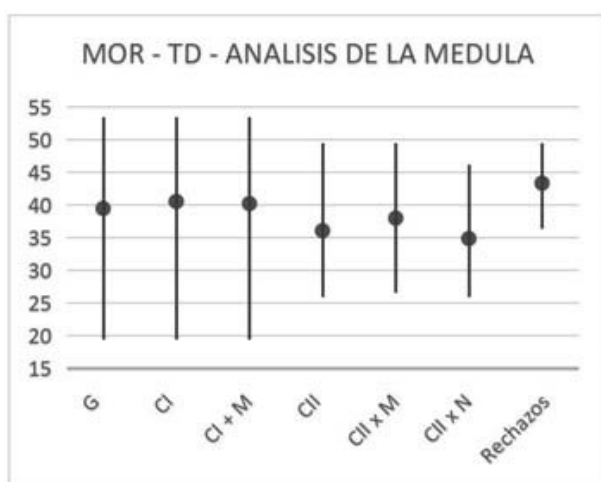


Fig. 4 a y b – MOR y MOE según la existencia de Médula

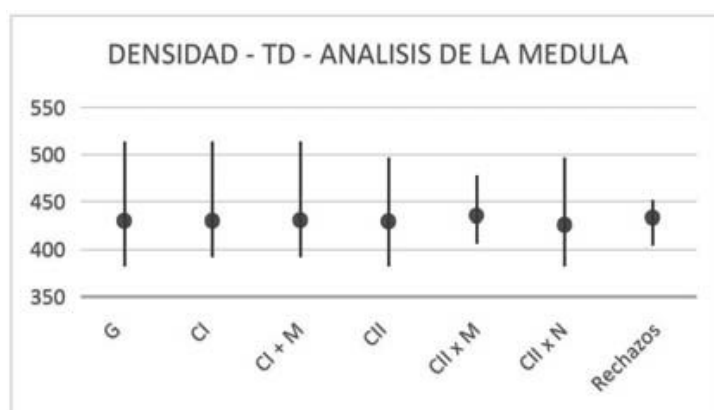


Fig. 5 – Densidad según la existencia de Médula

Conclusiones

Del análisis de las 398 piezas ensayadas se concluye en que los valores medios obtenidos para las distintas clases resistentes son aptos para su uso en cálculo estructural de construcciones de madera de álamo en el sur de Mendoza.

Según el estudio realizado, sobre las 98 piezas de la muestra 4, se concluye que la existencia de médula en las piezas de madera de álamo no influye en sus propiedades de Resistencia, Rigidez y Densidad.

7ª Jornadas de Ciencia y Tecnología

Existe una tendencia significativa al aumento de los valores de resistencia, rigidez y densidad de la segunda clase al incluir las piezas con presencia de médula en ella, por lo que se cree conveniente que las piezas con existencia de médula se consideren en la primer clase resistente siempre y cuando estén libres de nudosidad.

Para futuros estudios, se plantea la importancia de seguir este análisis en cuanto a la clasificación resistente de la Clase 1, inclusiva y exclusiva respecto a la existencia de médula. Y en particular, para el caso de la Densidad, el evaluar la hipótesis de que existe una zona próxima a la médula, en donde parece que aumenta la densidad de la madera.-

Referencias

- Instituto Nacional de Tecnología Industrial. (2013). CIRSOC 601. Reglamento Argentino de Estructuras de Madera.
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (2006). Norma IRAM 9662-1. Madera laminada encolada estructural. Clasificación visual de las tablas por resistencia. Parte 1: Tablas de pino Paraná (*Araucaria angustifolia*).
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (2006). Norma IRAM 9662-2. Madera laminada encolada estructural. Clasificación visual de las tablas por resistencia. Parte 2: Tablas de eucalipto (*Eucalyptus grandis*).
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (2006). Norma IRAM 9662-3. Madera laminada encolada estructural. Clasificación visual de las tablas por resistencia. Parte 3: Tablas de pino taeda y ellioti (*Pinus taeda* y *elliottii*).
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (En estudio). Norma IRAM 9662-4. Madera laminada encolada estructural. Clasificación visual de las tablas por resistencia. Parte 4: Tablas de álamo (*Populus deltoides*).
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (2011). Norma IRAM 9663. Estructuras de madera. Madera aserrada y madera laminada encolada para uso estructural. Determinación de algunas propiedades físicas y mecánicas.
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (2011). Norma IRAM 9664. Madera estructural. Determinación de los valores característicos de las propiedades mecánicas y la densidad.