

EVALUACIÓN DE LA RELACIÓN ENTRE LA COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA Y LA RESISTENCIA A FLEXIÓN DE SECCIONES ASERRADAS DE MADERA DE ÁLAMO

Nicolás Cortizo^a, Ignacio Guarino^a, Esteban Hernández^a, Fernando Quiroga^a,
Cristian Balastegui^a, Diego Debernardi^a, Cristian Bay^a, Ricardo Bassotti^a

^aGrupo GEDEC, Facultad Regional San Rafael, Universidad Tecnológica Nacional,
Av. Urquiza 314, C.P. 5600 San Rafael, Mendoza, Argentina
nicocortizo@gmail.com

Resumen

Se presentan los resultados de la relación existente entre los valores de compresión paralela a la fibra y resistencia a la flexión, de secciones aserradas de madera de álamo, correspondientes a una misma muestra. En la provincia de Mendoza, la madera de álamo es la especie forestal cultivada de mayor difusión y con una gran experiencia tanto en su cultivo como en su industrialización. La madera de álamo en general reúne las condiciones necesarias para ser utilizada como elemento estructural en construcciones de madera. Pero a pesar de su aptitud, se requiere el estudio y conocimiento de las características físico – mecánicas en los elementos aserrados obtenidos de su industrialización. Con el fin de verificar la aplicabilidad de la norma IRAM 9664, que define valores de resistencia a compresión a partir de la resistencia a flexión, se determina el valor característico de la resistencia a la compresión paralela a la fibra y la resistencia a flexión, obtenidas de una muestra correspondientes a un mismo testigo de ensayo. Se analizan los resultados obtenidos de ensayos realizados a 34 probetas de sección transversal de 45 mm x 45 mm, siguiendo los lineamientos de la norma IRAM 9663, y los resultados de la resistencia a flexión, siguiendo la misma norma de ensayo. Además, se presenta una comparación entre la fórmula propuesta en la norma y los resultados alcanzados como consecuencia de los ensayos realizados.

Palabras Clave: madera – álamo – compresión paralela a la fibra – resistencia a flexión

1. Introducción

Debido a la heterogeneidad de la madera en su composición hace que se convierta en uno de los materiales más difíciles de estudiar, existiendo diversos métodos de ensayo para determinar sus propiedades, que arrojan resultados muy diferentes entre ellos. De las propiedades físico-mecánicas que presenta la madera, la resistencia a compresión es una de las que menos estudios se han realizado.

En este estudio se tratan de analizar los resultados obtenidos de la resistencia máxima a la compresión paralela a la fibra para posteriormente correlacionar estos valores con los resultados obtenidos en ensayos a flexión realizados precedentemente sobre la misma muestra.

La norma IRAM 9664^{R2} presenta una expresión para determinar la resistencia a compresión paralela a las fibras a partir de la resistencia característica en flexión. Considerando que la expresión de esta norma para determinar la resistencia a la compresión es común para cualquier especie, y que además es de aplicación en el caso de no contarse con ensayos de probetas de dimensiones reales de utilización, se considera menester realizar ensayos que permitan verificar la precisión de los valores determinados por esta expresión.

Se realizaron un total de 34 mediciones sobre 34 probetas de álamo proveniente de la región sur de Mendoza. Una vez obtenidos los valores de los dos ensayos prácticos (flexión y compresión), se llevó a cabo un análisis comparativo con objeto de establecer las posibles relaciones entre ambos ensayos evaluando la posibilidad de correlación entre resistencia a compresión y flexión.

Los resultados revelan una gran heterogeneidad entre los resultados obtenidos para las distintas probetas de la muestra.

2. Objetivo

Determinar la capacidad de resistencia a compresión paralela a las fibras de probetas de madera de álamo y comparar el valor característico de resistencia a compresión obtenido con la correlación que plantea la norma IRAM 9664^{R2} a partir de la resistencia a flexión obtenida en ensayos previos sobre probetas provenientes de la misma madera.

3. Materiales y métodos

Se muestran resultados obtenidos de resistencia a compresión paralela a la fibra en ensayos realizados a 34 probetas de madera de álamo de la región sur de Mendoza, de sección transversal completa de 45 mm x 45 mm, siguiendo los lineamientos de la norma IRAM 9663^{R1}.

Además, con el fin de verificar la aplicabilidad de la expresión de la norma IRAM 9664^{R2}, se determina el valor característico de la resistencia a la compresión paralela a partir de los resultados obtenidos en las pruebas a flexión.

De 60 alfájas que se ensayaron a flexión, luego de su correspondiente clasificación visual, se aserraron las probetas para el ensayo a la compresión paralela a la fibra de 34 testigos. Estos fueron obtenidos fuera de la luz de flexión.

De acuerdo a las proporciones que establece la norma IRAM 9663^{R1} se confeccionan probetas de sección transversal completa de 45 mm de lado y 270 mm de longitud; de las cuales se determinaron las dimensiones geométricas previas al ensayo, con una precisión de 0,1 mm utilizando un calibre digital.

Se ensayan 34 probetas seleccionadas de manera tal que cumplan con los requisitos de la norma respecto a la inexistencia de defectos. Se desprecian aquellas piezas que presentan ataque de insectos.

Para el procedimiento de ensayo se siguen los lineamientos de la norma IRAM 9663^{R1}, la que describe el proceso de rotura a compresión paralela a las fibras, y especifica las dimensiones necesarias de las muestras para ser lo suficientemente cortas y así evitar que se produzca el pandeo general de la pieza durante el ensayo.

Las cabezas de los testigos se mecanizan cuidadosamente para garantizar que sean planas y paralelas entre sí, así como perpendiculares al eje de la probeta.

Las probetas se cargan de manera concéntrica, por medio de un cabezal de carga que permite aplicar la carga de compresión, sin provocar esfuerzos de flexión. Después de aplicar una carga inicial, el cabezal de carga se bloquea para evitar desplazamientos angulares.

En las Figuras 1 y 2, puede observarse el dispositivo utilizado para el ensayo a compresión de las probetas.



Figs. 1 y 2: Dispositivo de Ensayo y medición

El dispositivo de ensayo permite la medición de la carga con una precisión del 1 % de la carga aplicada a la probeta.

La carga se aplica en una prensa hidráulica a velocidad constante que permite llegar a la rotura en un tiempo de $300 \text{ s} \pm 120 \text{ s}$, rango que prescribe la norma. Además se asegura que la probeta este perfectamente centrada con el cilindro de carga y alineada con el mismo.

El ajuste de la velocidad se determina a partir de los resultados de ensayos preliminares. El objetivo es alcanzar la $P_{\text{máx}}$ para cada probeta, en 300 segundos.

4. Determinación de la resistencia

La determinación de la resistencia a la compresión ($f_{c,o}$) se obtiene para cada probeta mediante la ecuación (1):

$$f_{c,o} = \frac{P_{\text{máx.}}}{A} \quad (1)$$

Donde:

$P_{\text{máx.}}$: es la carga máxima en Newtons.

A : es el área de la sección transversal en milímetros cuadrados.

5. Resultados

5.1 Resistencia a compresión paralela a las fibras

Los resultados obtenidos en los ensayos a compresión, en base a lo descrito anteriormente para las 34 probetas, se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Valores obtenidos para la Resistencia a Compresión Paralela a las Fibras

Probeta N°	Designación del Testigo	Sección [mm ²]	Carga Máxima [N]	Resistencia a Compresión // a la fibra [N/mm ²]
1	ARD-01	17,59	69834,8	39,40
2	ARD-02	16,84	77077	44,33
3	ARD-06	17,75	81408,6	45,87
4	ARD-07	17,86	72618	40,66
5	ARD-08	17,82	74725	41,48
6	ARD-09	17,79	67022,2	37,67
7	ARD-10	17,53	84966	47,65
8	ARD-10	17,75	84505,4	48,05
9	ARD-11	17,82	91140	51,65
10	ARD-11	17,83	64738,8	36,82
11	ARD-13	17,67	71079,4	42,23
12	ARD-13	17,71	80085,6	45,16
13	ARD-17	17,80	78037,4	43,73
14	ARD-17	17,87	79527	44,66
15	ARD-18	17,85	58907,8	33,14
16	ARD-19	17,71	65062,2	37,15
17	ARD-19	17,75	53880,4	30,38
18	ARD-20	17,83	70001,4	39,30
19	ARD-20	17,79	59417,4	33,36
20	ARD-21	17,70	76606,6	43,39
21	ARD-22	17,79	71304,8	40,28
22	ARD-22	15,80	77273	43,45

23	ARD-22	16,80	85926,4	48,11
24	ARD-23	16,88	71118,6	39,87
25	ARD-24	16,97	55468	31,34
26	ARD-26	17,59	63572,6	35,85
27	ARD-27	16,84	66306,8	37,21
28	ARD-28	17,75	81251,8	45,71
29	ARD-29	17,86	57045,8	32,25
30	ARD-35	17,82	51469,6	28,96
31	ARD-36	17,79	79203,6	50,16
32	ARD-37	17,53	55997,2	33,35
33	ARD-39	17,75	62857,2	37,27
34	ARD-40	17,82	72020,2	42,47

En la Tabla 2 se resumen los resultados del análisis estadístico de los valores de resistencia a la compresión paralela a las fibras obtenidos a partir de los resultados precedentes.

Tabla 2. Valores estadísticos de la Resistencia a Compresión Paralela a las Fibras

Valor Mínimo	Valor Medio	Valor Máximo	Desviación Estándar	Percentil 0,05
29	40	52	5,91	31,00

5.2 Análisis de la ecuación entre resistencia a flexión y resistencia a compresión paralela a las fibras

La norma IRAM 9664^{R2} propone expresiones para determinar, a partir de la resistencia característica en flexión ($f_{b,k}$), los valores para la resistencia entre los distintos esfuerzos.

Para el caso de la resistencia a la compresión paralela a las fibras ($f_{c,0}$), propone la ecuación (2):

$$F_{c,0,k} = 5 \cdot (F_{b,k})^{0,45} \quad (2)$$

La tabla 3 presenta la comparación entre los valores determinados por aplicación de la ecuación que propone la norma a partir de la resistencia a flexión corregida para un contenido de humedad del 12 % y una altura de referencia de 150 mm, y los obtenidos experimentalmente en los ensayos a la compresión paralela a la fibra realizados.

Tabla 3. Comparación de la Resistencia a Compresión Paralela a las Fibras según Percentil 0,05

$f_{b,k}$ [N/mm ²]	$f_{c,0}$ según ec. IRAM 9664 ^{R2} [N/mm ²]	$f_{c,0}$ según ensayos [N/mm ²]	Diferencia [%]
21,36	19,83	31,00	56,35

En los gráficos de las Figuras 3 y 4 pueden observarse la comparación precedente entre los valores determinados por aplicación de la ecuación que propone la norma, los obtenidos experimentalmente en los ensayos a la compresión paralela a la fibra realizados y un ajuste por mínimos cuadrados de la ecuación.

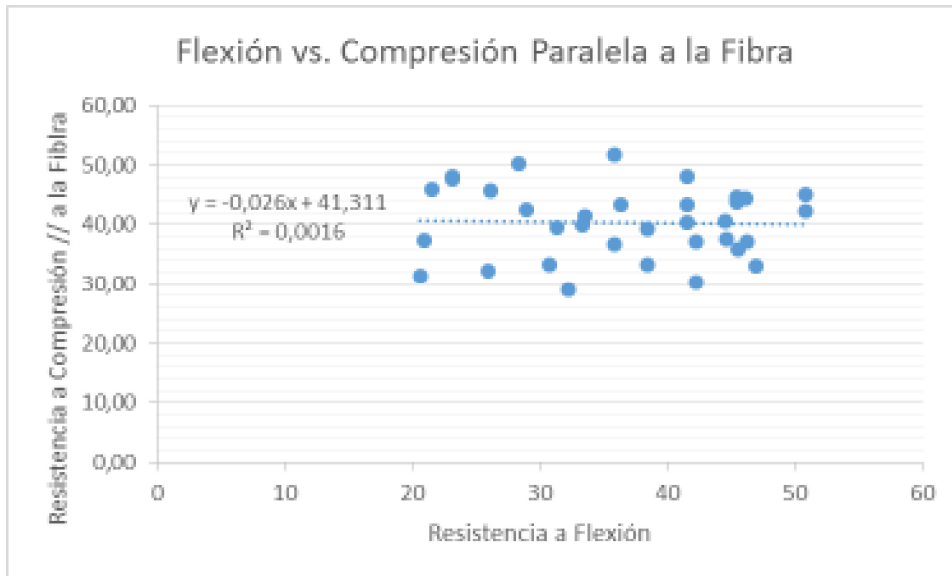


Fig. 3: Correlación entre las resistencias a flexión y compresión paralela a la fibra

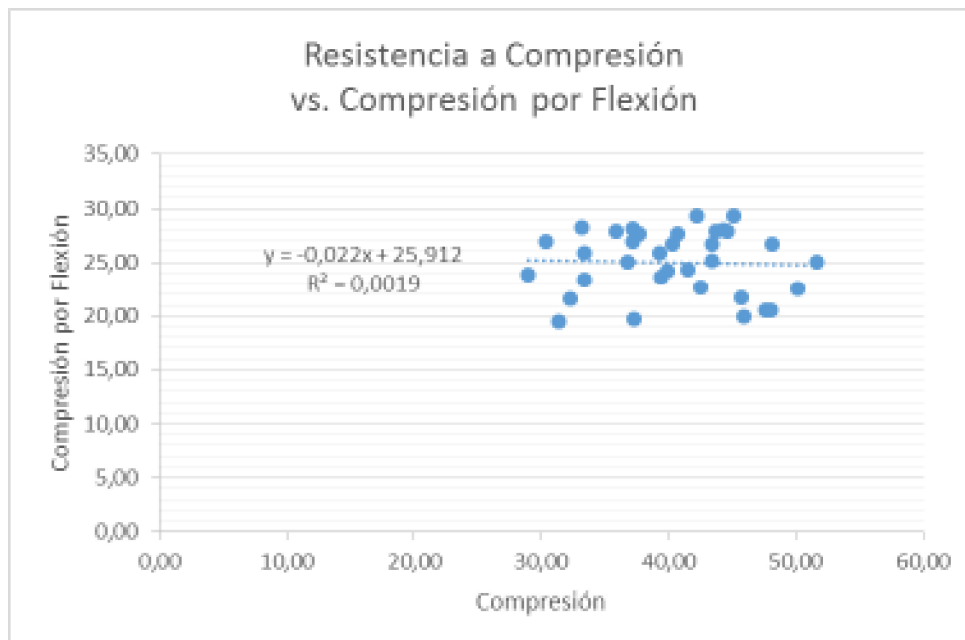


Fig. 4: Correlación entre resistencia a compresión paralela a la fibra obtenida en ensayos vs. resistencia a compresión por flexión

6. Conclusiones

De los resultados obtenidos en los ensayos y del análisis del presente informe pueden concluirse los siguientes comportamientos:

Para las muestras ensayadas se puede considerar un valor característico de resistencia a compresión paralela a la fibra de 31 N/mm².

La ecuación que propone la norma IRAM 9664^{R2} no necesariamente se ajusta al comportamiento de todas las especies.

Para el caso particular de las muestras ensayadas, la ecuación de la norma IRAM 9664^{R2} presenta un error del 56,35 % respecto a los valores de los ensayos realizados.

Se considera que se debe continuar con los ensayos realizados con un mayor número de muestras, y de cantidad de testigos por muestra, para obtener mayores y mejores conclusiones.

7. Referencias

- ^{R1} Norma IRAM 9663, 2011. "Madera aserrada y madera laminada encolada para uso estructural - Determinación de algunas propiedades físicas y mecánicas". Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. Buenos Aires, Argentina.
- ^{R2} Norma IRAM 9664, 2011. "Madera estructural - Determinación de los valores característicos de las propiedades mecánicas y la densidad". Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. Buenos Aires, Argentina.