

Identificación del Trabajo	
Área:	Materiales
Categoría:	Alumno / Graduado
Regional:	Venado Tuerto

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION PERPENDICULAR A LAS FIBRAS EN MADERA DE POPULUS DELTOIDES

CRIADO, Judith; FERNANDEZ, Nicolás; MACERATA, Yanina; OGGERO, Ezequiel.

Laprida Nº 651, Venado Tuerto Santa Fé, Facultad Regional Venado Tuerto, UTN

E-mail de contacto: gidec@frvt.utn.edu.ar, yanimac_83@hotmail.com

Este trabajo ha sido realizado bajo la dirección del Ing. Alfredo Guillaumet, Ing. Roberto Manavella e Ing. Ma. Cecilia Filippetti en el marco del proyecto "Caracterización tecnológica de la madera Populus Deltoides 129/60 cultivada en el Delta del Río Paraná (25/Z014)".

Resumen

En el presente trabajo se determinó la resistencia a compresión perpendicular a las fibras en madera de *Populus deltoides*, en los clones 'Australiano 129/60' y 'Stoneville 67', cultivados en el Delta del Río Paraná. Se evaluó la diferencia de prestación de cada clon y se comparó su resistencia con la que surge de aplicar las expresiones propuestas en la norma UNE-EN 384:2010. Se determinó el módulo de elasticidad medio en el clon Stoneville y se los contrastó con el valor teórico que surgió de aplicar la mencionada norma. Los resultados experimentales de ambos clones arrojaron valores mayores respecto a los teóricos determinados por la aplicación de la norma UNE-EN 384:2010, en cuanto al valor de la resistencia a compresión perpendicular a las fibras, pero el módulo de elasticidad del clon Stoneville determinado experimentalmente resultó ser significativamente menor.

Palabras Claves: Compresión perpendicular; Populus deltoides; Australiano 129/60; Stoneville 67

1. Introducción.

1.1 Consideraciones Generales.

La madera es un material muy particular puesto que, de entre los distintos materiales empleados de forma masiva en la construcción, es el único que es orgánico y natural. Este hecho convierte a la madera en un material único desde el punto de vista ingenieril, ya que posee una estructura mucho menos homogénea de la que estamos acostumbrados. La madera es un material ortotrópico, con distintas propiedades mecánicas y elásticas en todas sus direcciones y un comportamiento higroscópico.

La densidad de la madera varía notablemente entre especies, la habitual de la mayoría de especies de rápido crecimiento es entre los 350 y los 600 kg/m³. Esta también puede variar significativamente en una misma especie, o incluso en un mismo árbol, en función de la altura del fuste y de la distancia al centro del tronco. En el caso de los clones en estudio de acuerdo a la Norma IRAM 9662/4 la densidad característica es de 400Kg/m³.

La Norma UNE EN 384:2010 presenta expresiones que permiten determinar algunas propiedades mecánicas a partir de otras determinaciones, en el caso de la resistencia a la compresión perpendicular a las fibras establece que si no se cuenta con ensayos de acuerdo a la Norma UNE

EN 408:2011 se puede establecer a partir de la densidad de la madera y el módulo de elasticidad para este esfuerzo a partir del módulo de elasticidad en flexión.

Las propiedades mecánicas y elásticas de este material varían no solo con la especie sino que también es función del clon o híbrido y el lugar de cultivo. El Reglamento Argentino de Estructuras de Madera CIRSOC 601 presenta en sus suplementos valores de algunas de estas propiedades para solamente tres especies. Se debe tener en cuenta que para algunas de estas especies, por ejemplo la araucaria angustifolia, los valores propuestos para la resistencia a compresión perpendicular se determinaron con las expresiones de la UNE EN 384:2010. Resulta importante entonces para la incorporación de nuevas especies a los suplementos que los valores sean determinados experimentalmente y no a partir de expresiones que no fueron verificadas en su aplicabilidad a la especie en estudio. Para una aplicación plena del Reglamento resulta necesaria la determinación experimental de las características resistentes de más combinaciones de especie – procedencia.

Los valores de resistencia a la flexión y módulo de elasticidad propuestos en la Norma IRAM 9662/4 permitirían suponer que la clase 1 sería equivalente a la clase resistente “C22” de la Norma UNE EN 338:2010 y la clase 2 a la clase “C18” de la misma norma. De todas maneras debe verificarse que el resto de las propiedades mecánicas también califican para esa clase.

La opción de la simulación numérica del comportamiento de las estructuras exige precisión en los valores de las características del material, por ello se destaca la importancia de la determinación de las propiedades para cada una de las direcciones.

1.2 Objetivos

El objetivo del presente trabajo es determinar la resistencia a compresión perpendicular a las fibras en maderas *Populus deltoides*, del clon ‘Australiano 129/60’ y ‘Stoneville 67’; y compararlos con los valores extrapolados desde las expresiones propuestas por la norma UNE-EN 384:2010.

2. Metodología.

2.1 Materiales.

Las probetas para el ensayo se extrajeron de piezas aserradas provenientes de árboles de *Populus deltoides* ‘Australiano 129/60’ y ‘Stoneville 67’. Las mismas se obtuvieron de los despuntes de las vigas de 2”x4” ensayadas a flexión. El monte implantado en el Delta del Río Paraná poseía trece años de edad al momento de la tala y los ejemplares implantados fueron suministrados con certificación del clon. Se realizó control de hormigas, roleado y rastreado en sus primeros 3 años, luego se introdujo ganado.



Figura 1: Probeta de ensayo

2.2 Método.

Las tareas se desarrollaron en el Grupo GIDEC (Grupo de Investigación y Desarrollo de Estructuras Civiles) de la Facultad Regional Venado Tuerto de la Universidad Tecnológica Nacional.

Para los ensayos se respetaron las prescripciones de la norma UNE-EN 408:2011. Para el clon Australiano se analizaron 49 probetas y para el clon Stonerville 40. Las dimensiones de las probetas fueron de 90x45x70 mm. Y tal como se indica en la norma las mismas no presentaban defectos (médula o nudosidad). Para la medición de cargas se utilizó una celda de carga máxima 50000 N y carga mínima 10 N. Las deformaciones se determinaron a través de dos comparadores de precisión de 0.01 mm., hasta 35000 N en escalones de 5000 N de carga.

Se determina la densidad y la humedad de cada probeta de acuerdo a la norma ISO 3131 y la ISO 3130 respectivamente.



Figura 2: Dispositivo de ensayo

3. Resultados y Discusión.

3.1 Resistencia a compresión perpendicular a las fibras.

En la Tabla I se presentan los resultados experimentales de resistencia a la compresión perpendicular a las fibras y densidad de ambos clones.

TABLA I: RESULTADOS EXPERIMENTALES

VALORES ESTADISTICOS	AUSTRALIANO 129/60		STONEVILLE 67	
	$f_{c,90,k}$	ρ	$f_{c,90,k}$	ρ
	N/mm ²	Kg/m ³	N/mm ²	Kg/m ³
Valor medio	3,67	381,61	4,62	470,20
Máximo	5,32	419,49	6,03	541,93
Mínimo	2,84	343,32	3,38	387,35
Percentil 5%	2,89	346,32	3,44	402,83
Desvío estándar	0,48	19,32	0,73	44,68
COV %	13,14	5,06	15,84	9,50
Cantidad	49		40	

Se observa que los valores de la resistencia característica a compresión y densidad característica del clon Stoneville resultan mayores que las del clon Australiano en un 16% y 14 % respectivamente.

En la Tabla II se muestra para cada clon la comparación entre los valores de resistencia a la compresión perpendicular a las fibras experimentales con los teóricos determinados con la expresión (1) propuesta en la norma UNE-EN 384:2010.

La expresión (1) determina el valor característico de dicha resistencia $f_{c,90,k}$

$$f_{c,90,k} = 0.007 \rho_k \quad (1)$$

siendo ρ_k la densidad característica tomada de las probetas

TABLA II: COMPARACIÓN DE RESULTADOS ENTRE CLONES Y UNE-EN 384

	AUSTRALIANO		STONEVILLE	
	EXPERIMENTAL	UNE-EN384	EXPERIMENTAL	UNE-EN384
	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²
Percentil 5%	2,89	2,42	3,44	2,83

Se puede apreciar que los resultados teóricos de resistencia a compresión perpendicular a las fibras determinados según la norma UNE-EN 384:2010, arrojan valores menores a los experimentales de ambos clones. Estos valores son superiores a los exigidos por la Norma UNE EN 338:2010 para la clase "C22".

3.2 Módulo de elasticidad perpendicular a las fibras

La Tabla III muestra los valores del módulo de elasticidad para el clon Stoneville.

TABLA III: MODULO DE ELASTICIDAD EXPERIMENTAL CLON STONEVILLE

VALORES ESTADISTICOS	N/mm2
Valor medio	222,9
Máximo	283,8
Mínimo	163,9
Percentil 5%	164,1
Desvío estandar	30,6
COV %	13,7
Cantidad	40

El valor alcanzado por el módulo de elasticidad medio es sensiblemente inferior al exigido para calificar en las clases resistentes “C22” y “C18” de la Norma UNE EN 338:2010.

De acuerdo a las prescripciones de la norma UNE-EN 384:2010, el valor medio del módulo de elasticidad perpendicular a la fibra, se calcula de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{Para coníferas: } E_{90 \text{ medio}} = \frac{E_{0, \text{medio}}}{30} \quad (2)$$

Siendo $E_{0, \text{medio}}$ el valor característico medio determinado en flexión y con un contenido de humedad del 12%. En virtud que los resultados de los ensayos a flexión del clon Stoneville 67 aún no fueron publicados se utilizó el valor del módulo de elasticidad propuesto en la norma IRAM 9662-4, Anexo B, Tabla B-1. Se utilizó el correspondiente a la clase de resistencia 1, en la cual no se admite médula y nudosidad menor o igual a 1/3, con valor de 10200 MPa, que reemplazándolo en la ecuación (2) obtenemos el módulo de elasticidad medio que es igual 340 MPa.

Podemos observar que el valor medio determinado desde el módulo de elasticidad en flexión con la expresión de la UNE-EN 384:2010 es un 34% mayor que el valor experimental.

4. Conclusiones.

- El valor de la resistencia a compresión perpendicular característica del clon Stoneville es un 16% mayor que la del clon Australiano y la densidad característica un 14% mayor.
- Los valores de resistencia a compresión perpendicular a las fibras determinados de acuerdo a la prescripción de la Norma UNE-EN 384:2010 resultan menores que los experimentales, con lo que se estaría del lado de la seguridad al utilizar éstos valores teóricos.
- El módulo de elasticidad medio en compresión perpendicular a las fibras determinado de acuerdo a la prescripción de la Norma UNE-EN 384:2010 es un 34% mayor que el valor del módulo de elasticidad medio determinado experimentalmente, esto indica que se debe obrar con precaución a la hora de determinar las deformaciones.

- No es posible suponer que las clases resistentes “1” y “2” de la Norma IRAM 9662/4 resultan equivalentes a las clases “C22” y “C18” de la Norma UNE EN 338:2010 respectivamente porque el módulo de la elasticidad a la compresión perpendicular no alcanza los valores exigidos.
- No es conveniente aplicar las expresiones de la Norma UNE EN 384:2010 para determinar otras propiedades mecánicas sin verificar su aplicabilidad a la especie en estudio porque como en este caso pueden conducir a valores erróneos.

Reconocimientos.

Agradecemos a los alumnos del Grupo GIDEC de la U.T.N - Facultad Regional Venado Tuerto que colaboraron en la realización de los ensayos y relevamientos de datos.

Bibliografía.

Agencia Española de Normalización y Certificación. (2010). Determinación de los valores característicos de las propiedades y la densidad. UNE-EN 384:2010. Madrid.

Instituto Argentino de Normalización y Certificación (2015). Madera laminada encolada estructural. Clasificación visual de las tablas por resistencia. Parte 4: Tablas de Alamo `Australiano 129/60´ y `Stoneville 67´ (Populus deltoides). IRAM 9662-4. Buenos Aires.

Agencia Española de Normalización y Certificación. (2011). Madera aserrada y madera laminada encolada para uso estructural. Determinación de algunas propiedades físicas y mecánicas. UNE-EN 408:2011. Madrid.

Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad en Obras Civiles. (2013). Reglamento Argentino de Estructuras de Madera. CIRSOC 601. Buenos Aires

Agencia Española de Normalización y Certificación. (2010). Madera estructural. Clases resistentes. UNE-EN 338:2010. Madrid.

International Organization for Standardization (1975 b). Determination of density for physical and mechanical tests. ISO 3131.

International Organization for Standardization (1975 a). Wood – Determination of moisture content for physical and mechanical tests. ISO 3130.