



XXXVIII

Jornadas Sudamericanas
de Ingeniería Estructural

Lima 2018



La Ingeniería Estructural: fuente para el desarrollo e integración de América y el mundo

ID: XXXVIIIJSIE-05-027

COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA AL APLASTAMIENTO DE ESPECIES DE REFORESTACIÓN, CON VALORES DEL CIRSOC 601

COMPARISON OF THE EMBEDMENT STRENGTH OF REFORESTATION SPECIES, WITH CIRSOC 601 VALUES

Roberto D. Manavella (P) (1); Alfredo A. Guillaumet (2); María C. Filippetti (3); Alexandra Sosa Zitto (4)

- (1) Ing. Civil, Profesor Titular, Investigador, Universidad Tecnológica Nacional FRVT. Argentina. (P)
(2) Ing. en Construcciones, Profesor Titular, Investigador, Univ. Tec. Nacional FRVT y UNNOBA. Argentina.
(3) Ing. en Construcciones, Profesor, Investigador, Univ. Tec. Nacional FRVT y UNNOBA. Argentina.
(4) Dr., Investigador, GEMA, Depto. Ing. Civil, Univ. Tec. Nacional Concepción del Uruguay. Argentina.
Laprida 651, Venado Tuerto, aaguillaumet@rec.utn.edu.ar ; (P) Presentador

Área Temática: Área 5: Investigaciones experimentales y Tecnología de materiales.

Resumen

En el Suplemento 4 del Reglamento Argentino de Estructuras de Madera, CIRSOC 601, se especifican valores de referencia de la resistencia al aplastamiento en función de la gravedad anhidra de la madera y del diámetro de la clavija. Estos valores de resistencia adquieren suma importancia dado que son los parámetros básicos para la determinación de la capacidad portante de una unión. En este trabajo se comparan valores de resistencia al aplastamiento de diferentes especies de madera de reforestación de bosques implantados (*Populus deltoides* 'Australiano 129/60', *Araucaria angustifolia*, híbrido *Pinus elliottii* var. *elliottii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, *Eucalyptus grandis*) obtenidos experimentalmente con los valores de referencia dados por el CIRSOC 601. Se procesaron 1017 ensayos, 556 en dirección paralela a las fibras y 461 en dirección perpendicular, realizados según norma europea UNE-EN 383:2007, para elementos de fijación tipo clavija de diferentes diámetros y respetando la condición de perno rígido. Los resultados de resistencia al aplastamiento obtenidos experimentalmente presentan valores entre el 36% y el 98% de los dados por el CIRSOC 601, lo que indica que una importante cantidad de los casos estudiados dan valores sensiblemente inferiores a los propuestos en el Reglamento Argentino, afectando notoriamente la confiabilidad del diseño y cálculo de uniones mecánicas. De acuerdo a esto, se sugiere que los valores propuestos en el Reglamento Argentino se apliquen con especial precaución, hasta tanto se efectúe una revisión exhaustiva de la Tabla S.4.1.1-1 del Suplemento 4.

Palabras-clave: resistencia al aplastamiento; uniones tipo clavija; CIRSOC 601, influencia del diámetro.

Abstract

The Supplement 4 of The Argentine Regulation for Wooden Structures (CIRSOC 601) specifies reference design values of embedment strength as a function of the anhydrous gravity of the wood and the dowel diameter. These values of resistance acquire great importance, since they are the basic parameters for the determination of the load-carrying capacity of a joint. In this work, values of embedment strength of different species of reforestation wood (*Populus deltoides* 'Australian 129/60', *Araucaria angustifolia*, hybrid *pinus elliottii* var. *elliottii* x *pinus caribaea* var. *hondurensis*, *Eucalyptus grandis*) experimentally obtained, are compared with values of reference given by the CIRSOC 601. A total of 1017 tests have been processed with different bolt diameters, 556 in the direction parallel to the fibers and 461 in the perpendicular direction. They have been made according to UNE-EN 383:2007, for dowel type Fasteners, according to a rigid bolt condition. The results of embedment strength obtained experimentally presents values between 40% and 98% of those given by CIRSOC 601; which indicates that an important number of the cases studied give values significantly lower than those proposed in the Argentine Regulation, affecting notoriously the reliability in the design of mechanical joints. It is suggested that the values given by the Argentine Regulation must be used with special caution, until an exhaustive review of Table S.4.1.1-1 of Supplement 4 is made.

Keywords: embedding strength, dowel type fasteners, CIRSOC 601, diameter influence, timber structures.



XXXVIII

Jornadas Sudamericanas
de Ingeniería Estructural

Lima 2018



La Ingeniería Estructural: nunte para el desarrollo e integración de América v el mundo

1. INTRODUCCIÓN

El valor de la resistencia al aplastamiento de la madera y las propiedades mecánicas del elemento de fijación son parámetros básicos, aunque no únicos, para determinar la capacidad portante de una unión. Debido a esto se hace necesario contar con valores ciertos y confiables de la tensión de aplastamiento de la madera, previo al diseño y cálculo de cualquier unión.

Varios autores han estudiado la correlación existente entre la densidad y la resistencia al aplastamiento de la madera corroborando la hipótesis de que a mayor densidad del material, mayor resistencia al aplastamiento. También se han realizado investigaciones sobre la variación de la resistencia al aplastamiento, tanto paralela como perpendicular a la fibra, en relación al diámetro de perno usado, observándose que para la dirección paralela a la fibra no se manifiestan variaciones significativas, en tanto que para la dirección perpendicular, la resistencia disminuye a medida que aumenta el diámetro del perno utilizado, (Sawata K. et al, 2002). Estos estudios sirven de sustento a los valores de resistencia al aplastamiento propuestos por diferentes normas.

En particular, en el Suplemento Nro. 4, Tabla S.4.1.1-1. del Reglamento Argentino de Estructuras de Madera, se proponen valores de resistencia al aplastamiento de referencia de la madera (Fe), en función de la gravedad anhidra de la madera y del diámetro de perno para uniones con elementos de fijación tipo clavija sometido a carga lateral. Esta Tabla toma como base valores de la Tabla 11.3.2 publicada en las NDS 2005 (National Design Specification, 2005), valores que siguen vigentes en la última actualización de esta norma, tal como se evidencia en la Tabla 12.3.3 de las NDS 2015. Cabe destacar que estos valores no han sido validados mediante ensayos sobre madera de procedencia argentina.

Existen publicaciones sobre la determinación de la resistencia al aplastamiento en diferentes tipos de madera de especies de rápido crecimiento provenientes de bosques implantados en Argentina, entre las que se pueden citar: el *Populus deltoides* 'Australiano 129/60', (Manavella et al. 2017), (Guillaumet et al. 2014), el híbrido *Pinus Elliottii* var. *Elliottii* x *Pinus Caribaea* var. *Hondurensis* (Manavella et al. 2012), la *Araucaria angustifolia* (Guillaumet et al, 2010) y el *Eucalyptus grandis* (Sosa Zitto, 2015). En todos estos trabajos se han comparado los valores de resistencia al aplastamiento obtenidos experimentalmente con los propuestos por el CIRSOC 601, observándose que, para la mayoría de los casos, los resultados experimentales son sensiblemente menores a los valores de referencia propuestos por el Reglamento, lo que indica que los coeficientes de seguridad adoptados para el cálculo, en caso de utilizar la reglamentación vigente, se reducen notablemente, exponiendo a la estructura a un posible colapso.

El Reglamento Argentino CIRSOC 601, basa su metodología de cálculo en los valores básicos de diseño que aportan sus suplementos, por lo que se hace prioritario generar información confiable, cierta y comparable sobre el comportamiento estructural de la madera de las diferentes especies utilizadas en nuestro país, para incorporarla a dichos suplementos.

En este trabajo se recopila información de diversos trabajos ya publicados, se clasifican, se organizan y se analizan los valores de resistencia al aplastamiento obtenidos experimentalmente, tanto en la dirección paralela como perpendicular a las fibras, para madera de diversas especies argentinas de bosques implantados, con el fin de obtener una visión más integral y exacta de las discrepancias que se vienen observando entre los valores de resistencia al aplastamiento experimentales y los propuestos por el Reglamento CIRSOC 601.



2. METODOLOGÍA

2.1 Material de ensayo.

Los cuerpos de prueba de *Populus deltoides* ‘Australiano 129/60 (Álamo) fueron extraídos de 200 tablas de 1” x 4” x 2,2 m de largo, provenientes de bosques implantados en el delta del río Paraná, Argentina. *Manavella et al, (2014).(2016).(2017)*. El material de *Araucaria angustifolia* (Pino Paraná), se obtuvo a partir de tiranería de dos pulgadas de espesor, acopiada en la Ciudad de Venado Tuerto y proveniente de la Provincia de Misiones, Argentina. *Guillaumet et al, (2010)*. Las probetas de Híbrido *Pinus elliottii var. elliottii x Pinus caribaea var. hondurensis* fueron confeccionadas a partir de 30 tablas de 1” x 5” x 2,5 m de largo, de madera aserrada provenientes de árboles de 10 años implantados en la Localidad de Esperanza, Provincia de Misiones, Argentina. *Manavella et al, (2014)*. La madera de ensayo de *Eucalyptus grandis* se obtuvo de 72 tablas extraídas al azar de un total de 272 unidades provenientes de árboles de 12 años de edad de forestaciones de la Mesopotamia Argentina. *Sosa Zitto (2015)*.

La madera se acondicionó mediante un canteado y cepillado en ambas caras hasta las dimensiones necesarias según norma, separando el material libre de defectos para la confección de las probetas. La geometría y las dimensiones de los cuerpos de prueba se ajustan a lo establecido en la Norma UNE-EN 383:2007. Las piezas se almacenaron en cámara controlada para su estabilización, a una temperatura de (20 ± 2) °C y a una humedad relativa ambiente de (65 ± 5) %. Los ensayos sobre la madera de *Populus deltoides* se realizaron en la Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires (UNNOBA), los de madera de *Araucaria angustifolia* e Híbrido de *Pinus elliotti* en la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Venado Tuerto (UTN FRVT) y los de *Eucalyptus grandis* en la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Concepción del Uruguay (UTN FRCU). En la Tabla 1 se observan la cantidad de probetas analizadas en este trabajo, clasificadas por especie y diámetro del elemento de fijación.

Tabla 1: Cantidad de Probetas según especie y diámetro

DIRECCION DE FIBRAS	ESPECIE	DIÁMETRO en mm								TOTAL
		5	5,5	6	7	8	10	12	12,7	
Paralela	<i>Populus deltoides</i>	60	---	57	64	57	65	---	---	303
	<i>Araucaria angustifolia</i>	---	---	---	---	---	---	54	---	54
	Híbrido <i>Pinus elliottii</i>	---	---	---	74	---	---	---	---	74
	<i>Eucalyptus grandis</i>	---	73	---	---	---	---	---	52	125
Perpendicular	Álamo	59	---	47	59	49	54	---	---	268
	<i>Araucaria</i>	---	---	---	---	---	---	54	---	54
	Híbrido Pino elliottis	---	---	---	44	---	---	---	---	44
	<i>Eucalyptus grandis</i>	---	---	---	---	---	---	---	95	95
Totales:									1017	

En los ensayos realizados en la UNNOBA y en la UTN FRVT se usaron como elementos de fijación pernos rígidos de acero trefilado, en los realizados en UTN FRCU se utilizaron clavos lisos de diámetro 5,5 mm y bulones y pasadores de 12,7 mm. Todos los ensayos fueron realizados bajo la condición de “elemento de fijación rígido”. La condición de perno rígido, según especifica la norma UNE-EN383:2007 se cumple si el espesor de la pieza (t) es de 1,5 a 4 veces el diámetro de perno.

2.2 Equipos y dispositivos utilizados

En los ensayos de UNNOBA la carga se aplicó con una máquina Universal de ensayos de accionamiento hidráulico marca Baldwin con capacidad máxima de 300 KN, en la UTN FRVT se utilizó un cilindro hidráulico instalado en un marco de cargas, En los ensayos efectuados en UTN FRCU se empleó una máquina de ensayos universal marca Shimadzu

La Ingeniería Estructural: nunte para el desarrollo e inteeración de América v el mundo

modelo UH - 1000 kNC. Las deformaciones fueron medidas usando dos relojes comparadores digitales de rango 0-12,7 mm, y lectura de 0,01 mm, dispuestos simétricamente a cada lado de la probeta. En la Figura 1 se muestra el dispositivo de ensayo utilizado en UNNOBA. La aplicación de la carga se efectuó empleando dispositivos adicionales especialmente diseñados para evitar desviaciones, excentricidades y fricciones que alteren el fundamento de las pruebas adoptado por la norma UNE-EN 383 (2007).



Figura 1 : Probeta y dispositivo de ensayo UTN FRVT

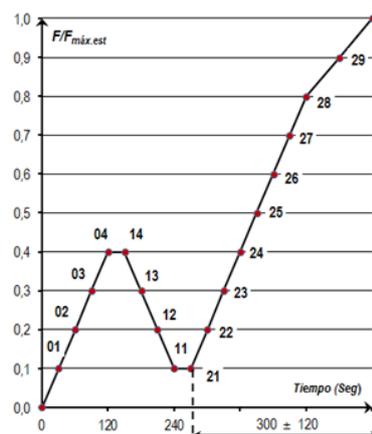


Figura 2 : Procedimiento de carga, según UNE-EN 383:2007

2.3 Procedimiento operatorio.

La totalidad de los ensayos analizados se llevaron a cabo de acuerdo a la Norma UNE-EN 383:2007. El procedimiento de aplicación de la carga se observa en la Figura 2, donde también se indican los puntos de referencia para el registro de los desplazamientos. A través de pruebas previas se determinó la carga máxima estimada $F_{máx, est}$ ya que a partir de ese valor se establecen los intervalos de cargas a aplicar en el ensayo.

El procedimiento de carga para cada probeta consta de dos ciclos. El ciclo de carga previo (desde el punto 0 al 21), que consiste en incrementar la fuerza hasta alcanzar el 40% de $F_{máx, est}$ en un tiempo de 120 segundos, mantener dicho valor durante 30 segundos, descargar hasta el 10% de $F_{máx, est}$ en un tiempo de 90 segundos y volver a mantener constante ese valor durante 30 segundos. A partir del punto 21 se inicia el ciclo de carga final que consiste en la aplicación de la carga en forma progresiva hasta la finalización del ensayo. El ensayo concluye cuando se llega a la carga máxima, por rotura física de la probeta, o cuando la deformación relativa alcanzó un valor de 5 mm. El tiempo de ensayo a partir del punto 21 del diagrama de carga y hasta su finalización es de 300 ± 120 segundos. Para cada cuerpo de prueba se registró el valor de los escalones de carga y los desplazamientos correspondientes a los puntos indicados en el procedimiento de carga. Se registró, además, el valor de la máxima carga o la correspondiente al deslizamiento límite de 5 mm, como así también el tiempo de duración del ensayo.

Para cada probeta se determinó la densidad y el contenido de humedad según normas ISO 3131 (1975) e ISO 3130 (1975) respectivamente. Se ajustaron los valores de densidad a la humedad de referencia del 12%, de acuerdo a lo establecido en la norma UNE-EN 384:2010.



La Ingeniería Estructural: nunte para el desarrollo e integración de América v el mundo

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1. Determinación de la resistencia al aplastamiento.

La resistencia al aplastamiento se determinó según Norma UNE-EN 383:2007 usando (1).

$$f_h = \frac{F_{m\acute{a}x}}{d \times t} \quad (1)$$

f_h : Resistencia al aplastamiento, en N/mm^2 .

$F_{m\acute{a}x}$: Fuerza máxima correspondiente a la rotura o a 5 mm de deformación, en N.

d : Diámetro del perno, en milímetros. t : Espesor de la probeta, en milímetros.

3.2. Determinación de la densidad Anhidra según CIRSOC 601

El CIRSOC 601 permite, a partir del valor de la gravedad específica a un dado contenido de humedad, G_{mc} , calcular el valor en el estado anhidro G , usando (2).

$$G = \frac{G_{mc}}{(1 + mc) - 0.84 \cdot mc \cdot G_{mc}} \quad (2)$$

G = Gravedad anhidra

G_{mc} = Gravedad específica a un determinado contenido de humedad

m_c = Cont. de humedad como cociente entre el peso del agua contenida y el peso anhidro.

3.3. Cálculo de la resistencia al aplastamiento de referencia según CIRSOC 601

3.3.1 Cálculo de la resistencia al aplastamiento paralela a la fibra.

El Reglamento establece que, para diámetros de clavija menores a 6,35 mm, la resistencia al aplastamiento es independiente de la dirección de la fibra y del diámetro y se calcula según (3).

$$F_e = 114,4 * G^{1,84} \quad (3)$$

F_e : Resistencia al aplastamiento de referencia en N/mm^2 .

G : Valor característico (5 %) de la gravedad específica anhidra en Kg/dm^3 .

Para diámetros mayores a 6,35 mm, la resistencia al aplastamiento depende de la dirección de la fibra, siendo para la dirección paralela independiente del diámetro de perno y se calcula con (4).

$$F_{e//} = 77,2 * G \quad (4)$$

$F_{e//}$: Resistencia al aplastamiento de referencia paralela a la fibra en N/mm^2 .

G : Valor característico (5 %) de la gravedad específica anhidra en Kg/dm^3 .

3.3.2 Cálculo de la resistencia al aplastamiento perpendicular a la fibra.

Para diámetros menores a 6,35 mm, la resistencia al aplastamiento es independiente de la dirección de las fibras y del diámetro de perno, por lo que los valores de la resistencia al aplastamiento perpendicular a la fibra son coincidentes con los calculados para la dirección paralela y calculados con la fórmula (3).

Para diámetros de clavija mayores a 6,35 mm el Reglamento indica que la resistencia al aplastamiento perpendicular a las fibras es función del diámetro y de la densidad anhidra y puede calcularse con la expresión (5).

$$F_{e\perp} = 212 * G^{1,45} / D^{0,5} \quad (5)$$

$F_{e\perp}$: Resistencia al aplastamiento de referencia perpendicular a la fibra en N/mm^2 .

G : Valor característico (5 %) de la gravedad específica anhidra en Kg/dm^3 .

D : Diámetro del perno en mm.



3.4. Comparación entre los valores de resistencia al aplastamiento experimentales y los valores de resistencia al aplastamiento de referencia propuestos por el CIRSOC 601.

La madera tiene la propiedad de soportar cargas máximas sustancialmente mayores cuando éstas actúan durante un tiempo breve que cuando lo hacen durante un tiempo prolongado. El Reglamento CIRSOC 601 contempla este fenómeno a través de un *Factor de duración de la carga* (C_D) el cual está tabulado en el Capítulo 4 Tabla 4.3-2.

Los ensayos de resistencia al aplastamiento tienen una duración aproximada de 10 minutos, por lo tanto, para efectuar la comparación con los valores de referencia propuestos en el CIRSOC 601, los resultados obtenidos de forma experimental se deben dividir por el factor de corrección por duración de la carga cuyo valor es $C_D = 1,6$.

En la Tabla 3 se presenta el análisis de los valores de resistencia al aplastamiento en la dirección paralela a la fibra. En la línea (1) se muestran los valores de la resistencia al aplastamiento 5% percentil obtenidos de forma experimental. En la línea (2) los valores de resistencia de la línea (1) divididos por el factor de corrección C_D descrito en el párrafo anterior. En la línea (3) la resistencia al aplastamiento de referencia calculada de acuerdo a las directivas del CIRSOC 601 y en la línea (4) la relación entre la resistencia experimental 5 % percentil corregida y la resistencia al aplastamiento propuesta por el Reglamento Argentino, expresada en porcentaje.

Cabe destacar que las relaciones entre la resistencia experimental 5 % percentil corregida y la resistencia determinada según el CIRSOC 601 que presenten valores inferiores al 100% indican que los valores propuestos por el Reglamento conducen a un cálculo deficiente de la unión.

Tabla 3: Comparación de Valores de Resistencia al aplastamiento paralela a las fibras.

ESPECIE		DIÁMETROS en mm									
		5	5,5 (a)	5,5 (b)	6	7	8	10	12	12,7 (Bulón)	12,7 (Pasador)
Populus deltoides	(1)	23,23	---	---	21,94	25,22	21,69	20,05	---	---	---
	(2)	14,52	---	---	13,71	15,76	13,56	12,53	---	---	---
	(3)	14,86	---	---	14,86	25,46	25,46	25,46	---	---	---
	(4)	98%	---	---	92%	62%	53%	49%	---	---	---
Araucaria angustifolia	(1)	---	---	---	---	---	---	---	38,51	---	---
	(2)	---	---	---	---	---	---	---	24,07	---	---
	(3)	---	---	---	---	---	---	---	28,67	---	---
	(4)	---	---	---	---	---	---	---	84%	---	---
Híbrido Pinus eliottii	(1)	---	---	---	---	23,19	---	---	---	---	---
	(2)	---	---	---	---	14,49	---	---	---	---	---
	(3)	---	---	---	---	25,97	---	---	---	---	---
	(4)	---	---	---	---	56%	---	---	---	---	---
Eucalyptus grandis	(1)	---	21,30	23,00	---	---	---	---	---	19,10	18,40
	(2)	---	13,31	14,38	---	---	---	---	---	11,94	11,50
	(3)	---	21,20	21,20	---	---	---	---	---	30,90	30,90
	(4)	---	63%	68%	---	---	---	---	---	39%	37%

(1) Resistencia Experimental 5% Percentil (10 minutos), en N/mm^2

(2) Resistencia Experimental Corregida con $C_d=1,6$ (a 10 años), en N/mm^2

(3) Resistencia calculada según CIRSOC 601, en N/mm^2

(4) Relación entre el valor experimental corregido a 10 años ($C_d=1,6$) y el valor dado por el CIRSOC 601, en %

(a) Con orificio pretaladrado (b) Sin orificio pretaladrado

Se puede observar que en la madera de *Populus deltoides* los diámetros 5 mm y 6 mm dan relaciones del 98 % y 92 % respectivamente, lo que indica una buena correspondencia entre los valores experimentales y los dados por el Reglamento. Para los otros diámetros la relación varía entre un 62 % y un 42%, con una tendencia decreciente en la medida que aumenta el diámetro del perno. En el caso del *Eucalyptus grandis* se observan relaciones entre el 68% y el 37% y la misma tendencia decreciente al aumentar el diámetro de perno que presenta el *Populus deltoides*. El híbrido de *Pinus eliottii* presenta una relación de 56 % para el diámetro 7 mm, del

*La Ingeniería Estructural: fuente para el desarrollo e integración de América y el mundo*

mismo orden que la del *Populus deltoides* para ese diámetro. La *Araucaria angustifolia* muestra una relación del 84 % bastante superior a la del *Eucalyptus grandis* para un diámetro similar.

De lo expuesto se deduce que los valores obtenidos experimentalmente son visiblemente menores a los determinados de acuerdo al Reglamento Argentino de Estructuras Madera, colocando al diseño y cálculo de la unión del lado de la inseguridad y a la estructura en condiciones de probable colapso.

En la Tabla 4 se presenta el análisis de los valores de resistencia al aplastamiento en la dirección perpendicular a la fibra. Para las líneas (1), (2), (3) y (4) corresponden las mismas referencias dadas para la Tabla 3. En este caso la relación se encuentra entre un máximo de 87 % y un mínimo de 36%. Para el *Populus deltoides* se mantiene la disminución de la relación entre el valor experimental corregido y el propuesto por el reglamento, al aumentar el diámetro. Para las otras tres especies las relaciones se mantienen en el mismo orden que para la dirección paralela. En todos los casos se observa que los valores experimentales se encuentran por debajo de los calculados según el CIRSOC 601, haciendo que los coeficientes de seguridad adoptados para el cálculo se reduzcan sensiblemente y el diseño de la estructura resulte poco confiable.

Tabla 4: Comparación de Valores de Resistencia al aplastamiento perpendicular a las fibras.

ESPECIE		DIÁMETROS en mm									
		5	5,5 (a)	5,5 (b)	6	7	8	10	12	12,7 (Bulón)	12,7 (Pasador)
Populus deltoides	(1)	17,25	---	---	14,04	14,84	12,45	11,05	---	---	---
	(2)	10,78	---	---	8,78	9,28	7,78	6,91	---	---	---
	(3)	14,86	---	---	14,86	16,13	15,02	13,44	---	---	---
	(4)	73%	---	---	59%	58%	52%	51%	---	---	---
Araucaria angustifolia	(1)	---	---	---	---	---	---	---	20,33	---	---
	(2)	---	---	---	---	---	---	---	12,71	---	---
	(3)	---	---	---	---	---	---	---	14,55	---	---
	(4)	---	---	---	---	---	---	---	87%	---	---
Híbrido Pinus elliotii	(1)	---	---	---	---	16,39	---	---	---	---	---
	(2)	---	---	---	---	10,24	---	---	---	---	---
	(3)	---	---	---	---	16,69	---	---	---	---	---
	(4)	---	---	---	---	61%	---	---	---	---	---
Eucalyptus grandis	(1)	---	---	---	---	---	---	---	---	9,00	11,10
	(2)	---	---	---	---	---	---	---	---	5,63	6,94
	(3)	---	---	---	---	---	---	---	---	15,80	15,80
	(4)	---	---	---	---	---	---	---	---	36%	44%

(1) Resistencia Experimental 5 % Percentil (10 minutos), en N/mm^2

(2) Resistencia Experimental Corregida con $Cd=1,6$ (a 10 años), en N/mm^2

(3) Resistencia calculada según CIRSOC 601, en N/mm^2

(4) Relación entre el valor experimental corregido a 10 años ($Cd=1,6$) y el valor dado por el CIRSOC 601, en %

(a) Con orificio pretaladrado (b) Sin orificio pretaladrado

4.- CONCLUSIONES.

1.- Para las cuatro especies analizadas y para todos los diámetros, los valores de resistencia al aplastamiento experimental corregidos resultan inferiores a los propuestos por el Reglamento Argentino de Estructuras de Madera, CIRSOC 601. En la dirección paralela a la fibra la relación entre dichos valores se encuentra entre el 98% y el 37% y en la dirección perpendicular a la fibra entre el 87% y el 36%.

2.- En la madera de *Populus deltoides* y de *Eucalyptus grandis* la relación entre los valores de resistencia al aplastamiento experimental corregidos y los propuestos por el CIRSOC 601 presentan una tendencia decreciente al aumentar el diámetro del perno.

3.- Los valores propuestos por el CIRSOC 601, conducen a un diseño y cálculo de la unión poco confiable, exponiendo a la estructura a un probable colapso, por lo que se sugiere que sean utilizados con extremo cuidado hasta tanto se tengan más resultados experimentales que aporten



XXXVIII

Jornadas Sudamericanas
de Ingeniería Estructural

Lima 2018



La Ingeniería Estructural: nunte para el desarrollo e inteeración de América v el mundo

valores ciertos y confiables para el cálculo de uniones con madera de las especies de Argentina más utilizadas.

4.- Se plantea la necesidad de avanzar en más estudios orientados a verificar los valores de resistencia al aplastamiento obtenidos aplicando las expresiones dadas por el Reglamento Argentino o a proponer valores o expresiones alternativas que expresen de forma más exacta el comportamiento de las especies cultivadas en el país.

AGRADECIMIENTOS.

A los alumnos, becarios, graduados y docentes investigadores de UNNOBA y de UTN Facultad Regional Venado Tuerto por sus aportes en la realización de este trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

CIRSOC 601 (2016). Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad en Obras Civiles. (2016). Reglamento Argentino de Estructuras de Madera. Buenos Aires.

Guillaumet A.A., Manavella R.D; Filippetti M.C., Diab J.; Armas A.(2011). Comportamiento de uniones tipo clavija con pernos deformables en madera de Araucaria angustifolia. "1º Congreso Ibero-Latinoamericano Da Madeira Na Construção". CIMAD 11. Coimbra. Portugal.

Guillaumet A.A., Manavella R.D; Filippetti M.C., Diab J. ; Armas A.(2011). Tensiones de aplastamiento en uniones tipo clavija en madera de Araucaria Angustifolia .XXXIV Jornadas Sudamericanas de Ingeniería Estructural .San Juan. Argentina.

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

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

Manavella R.D; Guillaumet A.A., Mossre Cesar Alí, Arrien Patricio.(2017) Determinación de la resistencia al aplastamiento en madera de Populus deltoides 'Australiano 129/60', comparación con los valores dados por el CIRSOC 601. CLEM +CIMAD 17. Junín. Buenos Aires ,Argentina

Manavella R.D.,Guillaumet A.A., Filippetti M.C., Tortoriello M., Alí Mossre (2016). Resistencia al aplastamiento en madera de álamo, influencia del diámetro de perno y la densidad. XXXVII Jornadas Sudamericanas de Ingeniería Estructural .Asunción. Paraguay.

Manavella R.D.,Guillaumet A.A., Filippetti M.C. (2012). Determinación de la resistencia al aplastamiento en madera de híbrido Pinus Elliottii var. Elliottii x Pinus Caribaea var. Hondurensis para uniones tipo clavija. 22º Jornadas Argentinas de Ingeniería Estructural. Buenos Aires. Argentina.

NDS 2005 (2005). American Forest & Paper Association.American Wood Council. National Design Specification (NDS) for Wood Construction with commentary and Supplement :Design Values for Wood Construction. 2005 Edition. Washington.

NDS 2015 (2015). American Wood Council. National Design Specification (NDS) for Wood Construction 2015 Edition.

Sawata, K. & Yasumura M. (2002). "Determination of embedding strength of wood for dowel-type fasteners", Journal of Wood and Sciences , Vol 48, Issue 2, pág 138-146. ISSN: 1435-0211. (2002).

Sosa Zitto María Alexandra (2015). Comportamiento resistente y elástico de uniones construidas con elementos de fijación de acero tipo clavija en piezas aserradas de Eucalyptus grandis cultivado en Argentina. UTN Concepción del Uruguay.

Sosa Zitto, M.A; Dr. Ing. Rougier, V.C; Dr. Ing. Piter, J.C. (2012). Análisis comparativo de los resultados de un programa de ensayos sobre uniones ejecutadas con clavos de pequeño



XXXVIII

**Jornadas Sudamericanas
de Ingeniería Estructural**

Lima 2018



La Ingeniería Estructural: nunte para el desarrollo e integración de América v el mundo

diámetro y el criterio de diseño del proyecto CIRSOC 601. 22° Jornadas Argentinas de Ingeniería Estructural. Buenos Aires . Argentina.

UNE-EN 383:2007 (2007). Agencia Esp. de Norm. y Certificación. Estructuras de madera. Métodos de ensayo. Determinación de la resistencia al aplastamiento y del módulo de aplastamiento para los elementos de fijación tipo clavija.

UNE-EN 384:2010 (2010). Agencia Esp. de Norm. y Certificación. Madera estructural. Determinación de los valores característicos de las propiedades mecánicas y la densidad.

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