

Esfuerzo de extracción de clavos y tornillos para madera en cuatro especies de pino de Durango, México

Withdrawal strength of nails and wood screws in four pine species from Durango, Mexico

Juan Abel Nájera Luna^{1*}, Jesús Ponciano Olivas Bejarano²,
Jorge Méndez González³

Nájera Luna, J. A., Olivas Bejarano, J. P., Méndez González, J., Esfuerzo de extracción de clavos y tornillos para madera en cuatro especies de pino de Durango, México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. Número 61: 41-47, enero-abril 2014.

RESUMEN

Se realizó un estudio tecnológico en la madera de *Pinus engelmannii* Carr., *P. douglasiana* Martínez, *P. leiophylla* Schltdl. y Cham. y *P. herrerae* Martínez de El Salto, Durango, para conocer el esfuerzo mecánico a la extracción de clavos de 2.5 x 50, 3 x 63.5 y 3.3 x 76.2 mm, así como de tornillos de 4 x 50 mm para madera conforme a la norma ASTM-D1761-88. Se realizaron 40 repeticiones por especie para cada tipo de clavo y tornillo considerando los planos radial, tangencial y transversal de la madera. Los valores obtenidos se ajustaron al 12% de contenido de humedad. Los resultados mostraron una resistencia mayor a la extracción de clavos en la madera de *Pinus engelmannii* con 61.89 kgf; el plano radial de la madera exhibió 50.35 kgf y los clavos de 3.3 x 76.2 mm registraron 53.33 kgf. En los tornillos de 4 x 50 mm, la mayor resistencia la presentó la madera de *P. douglasiana* con 315.09 kgf.

Palabras clave: plano radial, plano tangencial, plano transversal, elementos de unión, *Pinus* sp., Durango.

Keywords: radial surface, tangential surface, transverse surface, joint members, *Pinus* sp., El Salto, Durango.

Recibido: 4 de abril de 2013, **aceptado:** 30 de septiembre de 2013

¹ División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de El Salto.

² Programa de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de El Salto.

³ Departamento Forestal, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

* Autor para correspondencia: jalnajera@yahoo.com.mx, jalnajeraster@gmail.com

ABSTRACT

A technological study in the wood of *Pinus engelmannii* Carr., *P. douglasiana* Martínez, *P. leiophylla* Schltdl. y Cham. and *P. herrerae* Martínez from El Salto, Durango, was conducted in order to determine the withdrawal stress in nails of 2.5 x 50, 3 x 63.5 and 3.3 x 76.2 mm, as well screws for wood of 4 x 50 mm according to the ASTM-D1761-88 standard. Forty replications were carried out by species for each type of nail and screw considering the radial, tangential and transverse surfaces. The values obtained were adjusted to 12% of moisture content. The results showed a greater strength withdrawal of nails in the wood of *P. engelmannii* with 61.89 kgf; the radial surface exhibited 50.35 kgf and the nails of 3.3 x 76.2 mm registered 53.33 kgf. For screws of 4 x 50 mm, the greatest strength was observed in the wood of *P. douglasiana* with 315.09 kgf.

INTRODUCCIÓN

Uno de los usos más importantes de la madera es la elaboración de estructuras, edificaciones y construcciones, las cuales son unidas mediante adhesivos, clavos, tornillos y conectores metálicos (Soltis, 1999). Las uniones pueden estar sometidas a cargas laterales o de extracción, cuya función es hacer deslizar las piezas de madera entre sí; o bien a cargas de extracción, que actúan tratando de separar las piezas en la dirección del eje del elemento de unión. El sitio en el que se generan los puntos más débiles en la mayoría de las estructuras es en las uniones, por lo cual es necesario conocer la resistencia admisible

de cada unión que la compone mediante ensayos mecánicos para garantizar aumentos significativos de la capacidad estructural (Rammer y Zelinka, 2004; Lomagno, 2008).

Los clavos y tornillos son los mecanismos más comunes para realizar ensambles en construcciones de madera; existen clavos y tornillos de muchos tipos, tamaños y formas; resisten cargas de extracción, cargas laterales o combinaciones de estas dos. Conocer la resistencia a la extracción de clavos y tornillos es importante para la industria del mueble y la construcción con madera, ya que los ensayos de extracción proporcionan datos importantes sobre las propiedades mecánicas de los materiales en cuestión (Flores, Yamaji, Vendrasco y Pires, 2009) y para los consumidores es vital tener información suficiente para la mejor elección de un elemento de unión que garantice la mejor capacidad estructural (Liska, 1971; Jaramillo, 2005; Aytekin, 2008).

La determinación de la propiedad de extracción de los elementos de unión es un ensayo que debe realizarse frecuentemente en la industria del mueble a modo de control de calidad (Poblete, Peredo e Inzunza, 1994). Pero debido a lo poco común de las pruebas de extracción de clavos y tornillos, existen muy pocas referencias sobre este tipo de ensayos en maderas mexicanas, a lo sumo existe la Norma Técnica Complementaria para el Diseño y Construcción de Estructuras de Madera (NTC-EM) (GDF, 2004), que menciona la resistencia lateral especificada para clavos de alambre y pernos en madera de coníferas y latifoliadas.

El presente trabajo centra su atención en la determinación de los esfuerzos de extracción de clavos y tornillos para madera en cuatro especies de pino de alto valor económico del estado de Durango como una contribución a su conocimiento tecnológico, partiendo del supuesto de que no existe diferencia en la resistencia a la extracción de clavos y tornillos en la madera de *Pinus engelmannii* Carr., *P. douglasiana* Martínez, *P. leiophylla* Schltdl. y Cham. y *P. herrerae* Martínez.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

El trabajo se realizó en el Laboratorio de Tecnología de la Madera del Instituto Tecnológico de El Salto, el cual se encuentra en el kilómetro 102 de la carretera Durango-Mazatlán. Geográficamente se localiza entre las coordenadas 23°47'18.8" de latitud norte y los 105°22'03.2" de longitud oeste.

Muestreo y selección

La madera ensayada se obtuvo de seis árboles de cada una de las siguientes especies: *Pinus engelmannii* Carr., *P. douglasiana* Martínez, *P. leiophylla* Schltdl. y Cham. y *P. herrerae* Martínez colectadas al azar en diferentes áreas de corta de la región de El Salto, Durango. Las trozas se aserraron para obtener viguetas de 7 x 7 x 122 cm, orientadas de tal forma que dos caras opuestas fueran radiales y las adyacentes tangenciales. Se sometieron a secado artificial hasta obtener un contenido de humedad cercano al 12%, evitando defectos como rajaduras y nudos en la madera de acuerdo a la norma ASTM-D1761-88 (ASTM, 1990). Una vez seca la madera, se mezcló con la finalidad de que cada árbol, trozo o vigueta tuviera la misma probabilidad de ser elegida para confeccionar las probetas objeto de ensayo.

Extracción de clavos y tornillos

Para realizar los ensayos de extracción de clavos y tornillos se utilizaron tres diferentes medidas de clavos de alambre con cabeza plana, vástago liso y anillado en su parte superior, punta adiamantada y sin ningún tratamiento especial; además, que fueran de uso común en construcciones de madera de la región. Las dimensiones fueron de 2.5 mm de diámetro y 50 mm de largo (2.5 x 50); 3 x 63.5 mm y 3.3 x 76.2 mm.

Se consideró sólo una medida de tornillos para madera, elaborados en acero con cabeza para destornillador de estrella y autorroscantes con dimensiones de 4 x 50 mm. Tanto los clavos como los tornillos se limpiaron antes de cada ensayo para eliminar cualquier material extraño.

Las probetas consistieron en prismas rectangulares de madera con dimensiones de 5 x 5 x 15 cm con orientaciones bien definidas de los planos radial y tangencial. Se siguió lo recomendado en la norma ASTM-D1761-88 (ASTM, 1990), la cual indica el procedimiento para realizar este ensayo, consistente en que dos clavos o tornillos deberán hincarse en ángulo recto a 32 mm de profundidad, a 20 mm de las aristas en las caras radiales y tangenciales, así como a 40 mm de los extremos de la probeta sin estar en la misma línea y con al menos una separación de 50 mm uno del otro; mientras que en las caras transversales los clavos y tornillos se hincan al centro de las probetas. En total se utilizan seis clavos o tornillos en cada probeta (Figura 1). Cada clavo y tornillo se utilizó una sola vez.



Figura 1. Probetas para el ensayo de extracción de clavos y tornillos.

Contenido de humedad de la madera

De cada probeta ensayada se extrajo una sección de madera de 5 x 5 x 2.5 cm, la cual fue secada en laboratorio a una temperatura de $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ por 24 horas con la intención determinar el contenido de humedad mediante la siguiente relación (Ananías, 2004):

$$\text{CH} = \frac{\text{Ph} - \text{Po}}{\text{Po}} \times 100$$

donde:

CH= Contenido de humedad en %.

Ph= El peso inicial de la muestra de madera en g.

Po= El peso final de la muestra de madera secado en estufa en g.

Los resultados de los ensayos que se obtuvieron con diferentes contenidos de humedad de la madera en el rango del 10% a 20% se ajustaron a los valores corregidos de humedad del 12% mediante la siguiente ecuación (ABNT, 1997):

$$r_{12} = r_{u\%} \left[1 + \frac{3(u\% - 12)}{100} \right]$$

donde:

r_{12} = Resistencia al 12% de contenido de humedad

$r_{u\%}$ = Valor de la resistencia encontrado al contenido de humedad ensayado

$u\%$ = Humedad de la probeta al momento del ensayo

Equipo y condiciones del ensayo

El equipo donde se realizaron los ensayos consistió en una Máquina Universal de ensayos mecánicos SATEC Instron® con capacidad de 60 toneladas de carga; cuenta con dos marcos: uno de compresión y otro de tensión; una interfaz llamada *transductor* se encarga de transmitir los impulsos de desplazamiento y carga al *software* de la máquina instalado en una computadora de escritorio que es la que despliega la información en tablas y gráficas. El bastidor con las mordazas que sujetan los clavos y tornillos se fija en el marco de tensión de la máquina universal, la velocidad de extracción se calibra en 2 mm/min durante todo el ensayo y como resultados se reportan los valores máximos de extracción que se obtuvieron en cada ensayo en kgf (Figura 2).



Figura 2. Ejecución del ensayo de extracción de clavos y tornillos.

Análisis estadístico

La resistencia a la extracción de clavos se analizó mediante un diseño factorial completamente al azar para valorar los factores: "especie" (*Pinus engelmannii*, *P. douglasiana*, *P. leiophylla* y *P. herrerae*); "plano de corte de la madera" (radial, tangencial y transversal) y "tipo de clavo" (clavo de 2.5 mm, clavo de 3 mm y clavo de 3.3 mm) así como los efectos de sus interacciones; mientras que para los tornillos se consideraron los factores: "especie" (*Pinus engelmannii*, *P. douglasiana*, *P. leiophylla* y *P. herrerae*) y "plano de corte de la madera" (radial, tangencial y transversal), así como los efectos de su interacción. Por cada tipo de clavo y tornillo se utilizaron 20 probetas por especie totalizando 40 repeticiones de extracción de clavos y tornillos por cada plano de

la madera. Para identificar diferencias estadísticas se realizaron análisis de varianza y comparaciones de medias mediante pruebas de Tukey considerando un nivel de significancia del 5%. El proceso del análisis de datos se llevó a cabo utilizando el paquete estadístico InfoStat® 2008 (Di Rienzo et al., 2008).

RESULTADOS

El análisis de varianza permitió observar que los factores "especie", "plano de corte de la madera", "tipo de clavo" y la interacción de "especie x tipo de clavo", resultaron ser significativos en la resistencia a la extracción de clavos (Tabla 1).

En lo que respecta al factor "especie", se observaron diferencias de hasta 44% en la resistencia a la extracción de clavos, resultando la madera de *P. engelmannii* la de mayor resistencia con 61.89 kgf, la cual resultó ser estadísticamente diferente a las demás especies evaluadas.

En lo referente al factor "plano de la madera", se observó un comportamiento estadísticamente similar en la resistencia de los planos radial y tangencial con valores promedio a los 50 kgf, que fueron a su vez 10% más resistentes que el plano transversal.

La resistencia a la extracción de los clavos de 3 y 3.3 mm de diámetro resultó ser estadísticamente igual con un promedio de 53 kgf, pero estadísticamente diferente a la resistencia de los clavos de 2.5 mm, los que resultaron con 28% menor resistencia a la exhibida por los demás tipos de clavo.

La interacción "especie" x "tipo de clavo" mostró diferencias estadísticas en el esfuerzo a la extracción de clavos de hasta 58%, motivado principalmente por el efecto de la especie (Tabla 2).

Respecto a los tornillos, sólo el factor "especie" resultó ser significativo al esfuerzo de extracción, de tal forma que los planos de la madera no ejercieron una

Tabla 1. Análisis de varianza para la resistencia a la extracción de clavos

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Calculada	Significancia
Especie (sp)	3	198244.70	66081.57	245.15	0.0001*
Plano de corte de la madera (PI)	2	8425.52	4212.76	15.63	0.0001*
Tipo de clavo (CI)	2	69985.30	34992.65	129.81	0.0001*
Sp x PI	6	3042.50	507.08	1.88	0.0807 ns
Sp x CI	6	18717.48	3119.58	11.57	0.0001*
PI x CI	4	972.22	243.06	0.90	0.4621 ns
Sp x PI x CI	12	1363.19	113.60	0.42	0.9557 ns

*Significativo al 5%. ns=No significativo.

Tabla 2. Resistencia mecánica a la extracción de clavos

Variable	Resistencia (kgf)*	Desviación Estándar	Valor Mínimo	Valor Máximo
Factor especie				
<i>Pinus engelmannii</i>	61.89 a	22.63	9.12	174.31
<i>Pinus douglasiana</i>	57.36 b	21.46	20.70	148.41
<i>Pinus herrerae</i>	38.65 c	15.49	7.62	119.31
<i>Pinus leiophylla</i>	34.49 d	11.28	7.09	78.18
Factor plano de corte de la madera				
Plano radial	50.35 a	23.02	9.35	174.31
Plano tangencial	49.20 a	21.30	7.09	145.77
Plano transversal	44.74 b	20.41	7.62	148.41

Continuación de Tabla 2

Factor tipo de clavo				
Clavo de 3.3 mm	53.33 a	24.94	12.60	174.31
Clavo de 3 mm	52.71 a	18.97	20.11	114.89
Clavo de 2.5 mm	38.24 b	17.02	7.09	118.67
Interacción especie con tipo de clavo				
<i>P. engelmannii</i> con clavo de 3.3 mm	74.69 a	23.79	26.29	174.31
<i>P. engelmannii</i> con clavo de 3 mm	66.64 b	17.47	33.13	104.28
<i>P. douglasiana</i> con clavo de 3.3 mm	61.97 b	17.88	27.21	114.89
<i>P. douglasiana</i> con clavo de 3 mm	60.38 b	24.27	22.87	148.41
<i>P. douglasiana</i> con clavo de 2.5 mm	49.73 c	19.80	20.70	118.67
<i>P. engelmannii</i> con clavo de 2.5 mm	44.34 cd	13.22	9.12	84.30
<i>P. herrerae</i> con clavo de 3 mm	43.26 cde	12.27	21.71	71.30
<i>P. herrerae</i> con clavo de 3.3 mm	41.45 de	17.69	12.60	119.31
<i>P. leiophylla</i> con clavo de 3 mm	38.98 de	10.55	20.11	69.50
<i>P. leiophylla</i> con clavo de 3.3 mm	36.80 ef	10.41	14.06	78.18
<i>P. herrerae</i> con clavo de 2.5 mm	31.22 fg	13.25	7.62	71.75
<i>P. leiophylla</i> con clavo de 2.5 mm	27.68 g	9.57	7.09	60.05

*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes, Tukey $\alpha=0.05$. (Valor ajustado al 12% de contenido de humedad).

influencia en la extracción de tornillos en la madera de las especies estudiadas (Tabla 3).

Se encontró una diferencia en la resistencia a la extracción de tornillos de hasta 23% entre *P. douglasiana* y *P. leiophylla*, mientras que entre *P. herrerae* y *P. engelmannii* resultó ser estadísticamente igual (Tabla 4).

DISCUSIÓN

La Norma Técnica Complementaria para el Diseño y Construcción de Estructuras de Madera (NTC-EM) (GDF, 2004) establece valores de resistencia lateral de

35 kgf para los clavos de alambre de 2.7 x 51 mm en madera de coníferas, de 48 kgf para clavos de 3.1 x 64 mm y de 60 kgf para los de 3.4 x 76 mm. De acuerdo con lo anterior, sólo la madera de *P. douglasiana* y *P. engelmannii* cumplen en forma adecuada con la resistencia exigida para estos tipos de clavo, mientras que *P. herrerae* y *P. leiophylla* quedan fuera de norma al mostrar valores inferiores a los requeridos.

Aytekin (2008) reportó valores de extracción para clavos de 2.5 x 50 mm de 65.70 kgf en la madera de *Pinus pinea* y 55.55 kgf en *Pinus nigra*, de la región del Mar Negro en Turquía; mientras que en la región de El Salto, Durango, la máxima resistencia a la extracción

Tabla 3. Análisis de varianza para la resistencia a la extracción de tornillos

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Calculada	Significancia
Especie (sp)	3	309865.01	103288.34	22.62	0.0001*
Plano de corte de la madera (PI)	2	5761.08	2880.54	0.63	0.5327 ns
SpxPI	6	22863.79	3810.63	0.83	0.5437 ns

*Significativo al 5%. ns= No significativo.

Tabla 4. Resistencia mecánica a la extracción de tornillos

Variable	Resistencia (kgf)*	Desviación Estándar	Valor Mínimo	Valor Máximo
Factor especie				
<i>Pinus douglasiana</i>	315.09 a	86.07	169.95	522.27
<i>Pinus herrerae</i>	276.32 b	64.10	158.51	460.21
<i>Pinus engelmannii</i>	274.27 b	67.56	168.42	467.75
<i>Pinus leiophylla</i>	243.47 c	46.03	146.08	364.77

*Medias con la misma letra entre especies no son significativamente diferentes, Tukey $\alpha=0.05$. (Valor ajustado al 12% de contenido de humedad).

de clavos de 2.5 x 50 mm la presentó la madera de *P. douglasiana* con 49.73 kgf, donde fueron respectivamente 24% y 10% menor a la de las especies de referencia. En otros géneros, Crespo, Jiménez, Suatunce, Law y Sánchez (2008) determinaron la resistencia para la extracción de clavos de 2.5 x 50 mm en la madera de *Tectona grandis* de la localidad de Quevedo y Balzar, Ecuador, en 78.40 kgf. Por su parte, Camarena (2011) estimó la resistencia a la extracción de clavos de 2.5 mm de diámetro en la madera de *Acrocarpus fraxinifolius* del estado de Puebla, México, en 119.84 kgf. Los valores en ambos estudios son evidentemente superiores a los encontrados en las especies de pino evaluadas en el presente trabajo, debido quizá a las diferencias en la densidad básica de la madera, por lo que esta situación bien puede derivar en un nuevo análisis para conocer el efecto de la densidad básica de la madera en la resistencia a la extracción de clavos.

En relación con los tornillos, la Norma Técnica Complementaria para el Diseño y Construcción de Estructuras de Madera (NTC-EM) (GDF, 2004) establece valores de resistencia por pernos de 3.8 mm de grosor específico para cargas paralelas y perpendiculares a la fibra de 146 y 86 kgf, respectivamente, lo cual cumple satisfactoriamente las cuatro especies de pino al exhibir valores mínimos de 243.47 kgf.

Akyildiz y Malkoçoğlu (2001) realizaron un estudio para determinar el esfuerzo mecánico a la extracción de tornillos de 4.5 mm de diámetro y 40 mm de longitud hincados 26 mm en el plano tangencial de la madera de *Pinus sylvestris* de los distritos forestales de Gümüşhane, Trabzon y Artvin, Turquía. Encontraron para un contenido de humedad de 12% valores de resistencia de 245 kgf. Tres de las cuatro especies de pino evaluadas en el presente estudio presentan de 10% a 22% mayor resistencia que la madera de *Pinus sylvestris* del estudio de referencia para el mismo

contenido de humedad, a excepción de *P. leiophylla* que resultó con valores de resistencia inferiores.

Aytekín (2008) encontró una resistencia de 346.70 a 433.90 kgf para tres tipos de tornillos de 4 x 50 mm en la cara radial de *Pinus pinea* L. y de 300.15 a 392.95 kgf en *Pinus nigra* Arnold del occidente del Mar Negro en Turquía, los cuales presentaron una resistencia de extracción mayor a la exhibida por las especies del presente análisis, excepto para los tornillos identificados como *smart* utilizados en *Pinus nigra*, que registraron 300.15 kgf por 315.09 kgf de los tornillos para madera y tablaroca de 4 x 50 utilizados en *P. douglasiana* de la región de El Salto, Durango. En el plano tangencial, el mismo autor obtuvo valores de 315.50 a 444.10 kgf en *P. pinea* y de 315.95 a 391.60 kgf en *P. nigra*, los cuales superan a los encontrados en las especies de esta investigación.

Las fuentes de las diferencias encontradas en los valores de resistencia son abordados por Forest Products Laboratory FPL (1965) y Soltis (1999), quienes coinciden en que la resistencia de un clavo o tornillo a ser extraído de una pieza de madera depende de la densidad de la madera, del diámetro del elemento y de la profundidad de penetración, así como del tiempo de permanencia del elemento en la madera, el estado de la superficie referente a la presencia de una película de aceite o resina que queda en el vástago después de su fabricación para aumentar la fricción en la madera y por tanto la fuerza de extracción; o bien, de los efectos de la corrosión cuando los elementos se han almacenado en condiciones adversas y posiblemente a los cambios de humedad que registra la madera.

CONCLUSIONES

En términos generales, se observaron diferencias marcadas en la resistencia a la extracción de clavos y tornillos atribuibles a la especie; aunque la resistencia

lateral entre los planos radial y tangencial resultó ser estadísticamente igual, los valores mínimos de resistencia fueron exhibidos en el plano transversal de la madera. No se observó una diferencia marcada entre la resistencia a la extracción de clavos de 3 y 3.3 mm de diámetro, por lo que su uso puede ser indistinto para obtener resistencias de extracción iguales. *Pinus engelmannii* y *P. douglasiana* representan una buena opción si se quiere aprovechar la mayor resistencia de su madera a la extracción de clavos y tornillos; sin embargo, no importando la especie maderable, se recomienda utilizar los planos laterales para obtener las mayores resistencias a la extracción.

En cuanto a la extracción de tornillos, la mayor resistencia a la extracción se observó en la madera de *P. douglasiana*, seguido por *P. herrerae* y *P. engelmannii*, por lo que se recomienda su utilización para garantizar esfuerzos de 315.09 a 274.27 kgf.

Agradecimiento

Los autores agradecen al Instituto Tecnológico de El Salto el financiamiento al proyecto de investigación "EST-MCDF-2009-103 Estudio sobre la resistencia de los elementos de unión en la madera de seis especies de importancia forestal de la región de El Salto, Durango", del cual se originó el presente análisis.

LITERATURA CITADA

- ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). NBR 7190: *Projetos de estruturas de madeira*. Rio de Janeiro. 107 p., 1997.
- AKYILDIZ, M. H. y MALKOÇOĞLU, A. Wood screw withdrawal resistance of some important tree species growing in eastern Blacksea region. *Artvin Coruh University Faculty of Forestry Journal (ACU Fac For J)*, 1: 54-60, 2001.
- ANANÍAS, R. *Física de la madera*. Universidad del Bio-Bio, Departamento de Ingeniería en Maderas. Concepción, Chile. 41 p., 2004.
- ASTM (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS). *Standard Test Methods for Mechanical Fasteners in Wood*. ASTM D1761-88., Philadelphia, PA, USA. 1990.
- AYTEKIN, A. Determination of screw and nail withdrawal resistance of some important wood species. *International Journal of Molecular Sciences*, 9: 626-637, 2008.
- CAMARENA, T. J. C. Caracterización físico-mecánica de la madera de *Acrocarpus fraxinifolius*. Tesis Profesional. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Ingeniería y Tecnología de la Madera. 57 p., 2011.
- CRESPO, G. R., JIMÉNEZ, E., SUATUNCE, P., LAW, G., y SÁNCHEZ, C. Análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas de la madera de teca (*Tectona grandis* L. F) de Quevedo y Balzar. *Ciencia y Tecnología*, 1: 55-63, 2008.
- FLORES, W. P. F., YAMAJI, F. M., VENDRASCO, L. y PIRES, V. C. *Ensaio de arrancamento de pregos em madeira sólida*. Congresso de Iniciação Científica, 17, São Carlos. Anais de Eventos da UFSCar. 5:611. 2009.
- FPL (FOREST PRODUCTS LABORATORY). *Nail-withdrawal resistance of American woods*. U.S. Department of Agriculture U. S. Forest Service. Research Note FPL-093. 6 p., 1965.
- GDF (GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL). *Gaceta Oficial del Distrito Federal. Normas Técnicas Complementarias para el diseño y Construcción de Estructuras de Madera (NTC-EM)*. Decimocuarta época. Tomo I 103 Bis. 54-87 pp., 2004.
- INCOTEC (INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN) *Norma Técnica Colombiana NTC-951. Maderas. Método de extracción de clavos*. Bogotá, Colombia. 1975.
- JARAMILLO, J. J. Los clavos: Elementos de unión tan elementales como esenciales. *Revista MM*, Edición 48:1-5, 2005.
- LISKA, J. A. Sección 4. Problemas relacionados con el fomento del uso de la madera en la construcción y posibles soluciones. Parte I. Aspectos técnicos. *Revista Unasylva*, 25(101), 1971.
- LOMAGNO, J. Una propiedad de la madera para el cálculo de uniones. *Patagonia Forestal*: 14(1): 13-16, 2008.
- POBLETE, H., PEREDO, M. e INZUNZA, L. Resistencia a la extracción de tornillos en tableros de partículas fabricados con desechos de especies nativas. *Bosque*, 15(2): 77-80, 1994.
- RAMMER, D. R. y ZELINKA, L. Review of end grain nail withdrawal research. *General Technical Report FPL-GTR-151*. Madison, Wisconsin, EE UU: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 28 pp., 2004.
- SOLTIS, L. A. *Fastenings. Wood handbook: Wood as an engineering material*. Forest Products Laboratory. General Technical Report GTR-113. Madison, Wisconsin, EE UU, 29 pp., 1999.
- DI RIENZO, J. A., CASANOVES, F., BALZARINI, M. G., GONZÁLEZ, L., TABLADA, M. y ROBLEDO, C. W. *InfoStat versión 2008*. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>. 2008.

De páginas electrónicas