

RESISTENCIA AL APLASTAMIENTO DE LA MADERA DE EUCALYPTUS GRANDIS EN UNIONES CLAVADAS Y ABULONADAS

Maria Alexandra Sosa Zitto (alexandrasosazitto@gmail.com) - UTN-FRCU; **Eduardo Torran** (etorran@yahoo.com.ar) - UTN-FRCU; **Jochen Koehler** (jochen.koehler@ethz.ch) - ETH ZURICH; **Piter Juan Carlos** (jc.piter@gmail.com) - UTN-FRCU

RESUMO: Con el propósito de investigar la resistencia al aplastamiento en la madera de *Eucalyptus grandis* de rápido crecimiento cultivado en la Mesopotamia Argentina, se diseñó un programa empírico incluyendo 100 cuerpos de prueba contruidos con un clavo rígido y 100 contruidos con un bulón rígido. El proyecto se desarrolló siguiendo los lineamientos de la norma EN 383 (2007). No se encontraron diferencias significativas entre los resultados obtenidos sobre uniones clavadas sometidas a esfuerzos paralelos y perpendiculares a la dirección de las fibras, lo cual es congruente con el criterio del Eurocódigo 5 (2005). Tampoco se encontró una influencia significativa del pretaladrado sobre la resistencia de las uniones clavadas, en contraposición al criterio europeo. Las uniones abulonadas exhibieron una resistencia significativamente superior en la dirección paralela que en la perpendicular a las fibras, lo cual está en línea con publicaciones previas y con el criterio de las normas europeas. Un análisis de regresión mostró una similar relación entre la resistencia y la densidad del material para ambos tipos de uniones, estando el valor del coeficiente de correlación comprendido entre 0,7 y 0,8 en todos los casos estudiados. La resistencia característica, calculada en función de la densidad conforme al criterio del Eurocódigo 5 (2005), arrojó valores superiores a los obtenidos en este proyecto y su utilización puede situar del lado de la inseguridad al diseño estructural de uniones con esta especie.

Palavras-chave: uniones mecánicas, clavos, bulones

EMBEDDING STRENGTH IN NAILED AND BOLTED JOINTS OF EUCALYPTUS GRANDIS

ABSTRACT: With the aim of studying the embedding strength in sawn timber of fast-growing Argentinean *Eucalyptus grandis*, an empirical research project was designed. It enclosed 100 test specimens prepared with one rigid nail and 100 specimens prepared with one rigid bolt. The project was carried out by following the procedures of the European standard EN 383 (2007). No significant differences were found between the results obtained with nailed joints loaded parallel and perpendicular to the grain, which is congruent with the criterion adopted by Eurocode 5 (2005), but no significant difference between the mean values obtained on specimens with and without pre-drilling was found either, which is in contrast with the criterion adopted by the design rule mentioned above. The embedding strength found in bolted joints loaded parallel to the grain was significantly higher than that found perpendicular to the grain, in line with results previously reported and with the criterion of European standards. A regression analysis showed a similar relationship between density and embedding strength for both types of joints, with a correlation coefficient ranging from 0.69 to 0.74. The characteristic embedding strength of bolted joints, obtained as a function of the density according to Eurocode 5 (2005) and as a function of the compression strength by following the procedures of NBR 7190 (1997), was higher than that found in this project. Consequently, the structural design of bolted joints made with this timber species may be situated on the unsafe side if it is based on the characteristic embedding strength calculated according to the design rules mentioned above.

Keywords: mechanical joints, nails, bolts

Introducción

El *Eucalyptus grandis* es una de las especies forestadas de mayor importancia en Argentina (INTA 1995). Como resultado de investigaciones llevadas a cabo en los últimos años, se han publicado valores característicos de algunas de propiedades físicas y mecánicas de esta especie, que son necesarias para el diseño de miembros estructurales (Piter et al. 2004 y 2007, Torrán et al. 2008). Por su parte, estos conocimientos permitieron redactar normas nacionales orientadas a su utilización en construcciones, y en particular en estructuras (IRAM 9662-2 2006).

No obstante, el estudio de la capacidad portante de uniones mecánicas con esta especie cultivada en Argentina aún no ha sido abordado sistemáticamente, y por lo tanto su diseño no se lleva a cabo con la confiabilidad requerida por el moderno diseño estructural. En particular, para el cálculo de la capacidad portante de las uniones con clavos y bulones, que son muy empleadas en construcciones ejecutadas con esta especie, el conocimiento de la resistencia al aplastamiento de la madera contra el elemento de unión resulta de singular importancia. Luego de conocida esta propiedad es posible estudiar todos los posibles modos de falla en una unión múltiple, considerando no solamente el aplastamiento de la madera sino también la flexión del elemento de fijación o su rotación, con particularidades propias para las uniones de simple y de doble cortadura (EN 1995-1-1 2005, NBR 7190 1997).

La investigación de la resistencia al aplastamiento de la madera contra medios de unión de tipo clavija se debe llevar a cabo a través de un programa empírico apoyado en normas que posibiliten la obtención de resultados comparables en el plano nacional e internacional. En este aspecto, y considerando que en Argentina existe experiencia en la determinación de propiedades físicas y mecánicas de la madera utilizando las normas europeas, resulta conveniente el empleo del procedimiento estipulado en la norma EN 383 (2007). Según esta norma, la resistencia al aplastamiento de la madera contra un medio de unión de tipo clavija, como un clavo o un bulón, debe efectuarse a través de un ensayo normalizado que asegura la ausencia de flexión en el medio de unión, lo cual es garantizado a través de la fijación de un límite para su esbeltez.

Teniendo en cuenta que actualmente se encuentra en desarrollo la redacción del Primer Proyecto de Reglamento Argentino de Estructuras de Madera, el conocimiento de la propiedad mencionada anteriormente constituirá un aporte de singular importancia para el mismo, atendiendo la relevancia que la especie tiene para el futuro de las construcciones con madera en el país. Por su parte, es de interés para el mencionado proyecto de reglamento nacional la comparación de los resultados obtenidos empíricamente con las recomendaciones efectuadas por reglas de diseño de relevancia internacional, como el Eurocódigo 5 (2005), y de países latinoamericanos vecinos, como la norma de Brasil NBR 7190 (1997).

El objetivo de este trabajo es presentar y discutir los resultados de un programa empírico diseñado según los lineamientos de las normas europeas para determinar la resistencia al aplastamiento de la madera de *Eucalyptus grandis* cultivado en Argentina en uniones con clavos y bulones. Adicionalmente comparar los resultados obtenidos con los que surgen de aplicar las recomendaciones del Eurocódigo 5 (2005) y de la norma NBR 7190 (1997).

Materiales y Métodos

Se seleccionaron tablas de la madera producida por el aserrado de árboles procedentes de una plantación de *Eucalyptus grandis* cultivada en Concordia, Entre Ríos. Esta es una de las principales zonas de cultivo de esta especie en Argentina (INTA 1995). Teniendo en cuenta que la norma argentina IRAM 9662-2 (2006) no permite la presencia de médula en tablas destinadas a uso estructural, las mismas fueron tomadas al azar de aquellas libres de la presencia de médula. Las dimensiones nominales de su sección transversal fueron 25 mm de espesor y 100 mm de ancho, su