



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

## RESISTENCIA AL ARRANCAMIENTO DE CLAVOS EN MADERA DE “POPULUS deltoides AUSTRALIANO 129/60”

---

**Marianela GIANNINI, Ileana MORENO, Joel OGGERO, Ebelyn RATTO**

*G.I.D.E.C. (Laprida Nº 651, Venado Tuerto), Facultad Regional Venado Tuerto, Universidad Tecnológica Nacional*

*E-mail de contacto: gidec@frvt.utn.edu.ar*

*Este trabajo ha sido realizado bajo la dirección del Ing. Alfredo A. Guillaumet, el Ing. Roberto D. Manavella y la Ing. María Cecilia Filippetti, en el marco del proyecto “Caracterización Tecnológica de la madera de POPULUS deltoides AUSTRALIANO 129/60 cultivado en el delta del río Paraná (25/Z14)”.*

### Resumen

---

El presente trabajo busca determinar la resistencia al arrancamiento de elementos de fijación (clavos), insertados en maderas de POPULUS deltoides Australiano, cultivados en el Delta del Paraná. La fuerza de extracción de clavos está en función de la estructura anisotrópica de la madera, por lo que en cada probeta se colocaron clavos lisos para madera en dirección tangencial, radial y longitudinal a los anillos de crecimiento. Los ensayos de extracción se realizaron de acuerdo a los procedimientos establecidos en la Norma Europea. Los resultados experimentales, arrojaron valores admisibles con un coeficiente de seguridad del 3.02 respecto del CIRSOC 601 en el suplemento 4.

**Palabras Claves:** Populus deltoides Australiano; Clavos; Probetas Aserradas; Extracción.

---

### 1. Introducción y Objetivos

#### 1.1. Introducción

En nuestro país los ensayos para determinar las propiedades mecánicas de piezas estructurales de madera de especies reforestadas con defectos corresponden a investigaciones realizadas en los últimos años.

Además de los trabajos de investigación que han brindado las bases para la confección de normativa IRAM, existen diversas publicaciones que aportan datos sobre el comportamiento de la madera de reforestación, especialmente respecto de la fuerza de extracción de clavos en POPULUS deltoides AUSTRALIANO. Es necesario aumentar los esfuerzos para conocer más profundamente su comportamiento y brindar a los profesionales de la construcción, la información necesaria para diseñar y proyectar las estructuras con mayor seguridad y economía.

La superficie forestada con álamo en el Delta se estima en 14.000 hectáreas. Evaluaciones más recientes indican que alcanzaría las 17.305 hectáreas (Borodowski, 2006). Las plantaciones actuales están constituidas principalmente por tres clones de P. deltoides (“Australiano 129/60” y “Stoneville 67”) y 1 clon de P. x Canadensis (“Ragonese 22 INTA”), alguno de los cuales comenzaron a manifestar problemas sanitarios (Cortizo, 2005).

El álamo en general se presenta como una especie de rápido crecimiento, baja densidad de la madera y rigidez pero con resultados que podrían satisfacer las condiciones para la fabricación de vigas aserradas para pequeñas luces.

El cultivo del álamo se caracteriza por homogeneidad de las plantaciones, si bien se utilizan un número variable de clones según las regiones de cultivos a fin de cubrir las necesidades de adaptación a distintos ambientes ecológicos y lograr altos niveles y tolerancia a plagas.

La investigación de sus propiedades físicas y mecánicas es un requisito indispensable para su utilización en estructuras. En particular, es necesario conocer su comportamiento frente a la extracción de clavos, elementos de uso frecuente para resolver uniones sometidas a esfuerzos orientados según la dirección de su propio eje, y penetrando lateralmente en las fibras, es decir en caras radiales o tangenciales de la pieza.

La Norma UNE-EN 1382-2000 establece las condiciones en que se deben realizar los ensayos, para determinar la resistencia al arrancamiento, contemplando la extracción tanto de la cara radial, como de la tangencial y de la longitudinal de las probetas.

### 1.2. Objetivo

- Determinar la fuerza de extracción de clavos según la norma mencionada, en probetas preparadas con madera de POPULUS deltoide AUSTRALIANO.
- Comparar los resultados obtenidos con los valores recomendados por el Reglamento Argentino de Estructuras de Madera "CIRSOC 601", y confirmar si la norma brinda una adecuada seguridad para el cálculo estructural.

## 2. Materiales y Metodología

### 2.1. Materiales

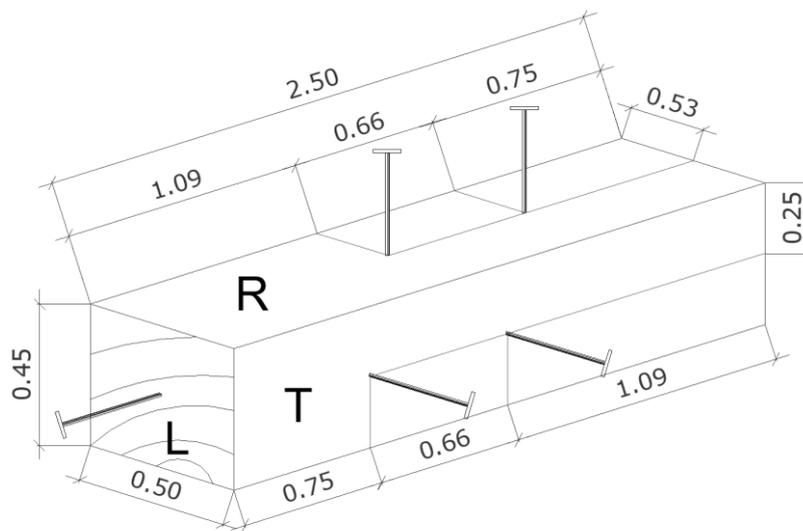
La madera utilizada es Populus deltoides Australiano, provenientes de árboles apeados en el año 2010. En cuanto a la plantación, es del año 1996, distanciado original a 6x4 mts. (415 plantas por hectárea) y con un raleo selectivo al 30% a los 9 años de edad, dejando aproximadamente 290 plantas por hectárea. También tiene una poda a 4.5 mts. de altura aproximadamente a los 7 años de edad. En cuanto al manejo de agua, paso por los dos extremos, en unas pocas ocasiones. Le tocó anegamiento superficial del campo por períodos cortos (15-20 días), y también momentos de sequía por periodos un poco más prolongados.

Esta se recibió, en forma de vigas aserradas 3" x 6", en condiciones de secado natural. Durante un año se las estacionó en la facultad, en un lugar cubierto. Las probetas de 250x50x45 mm fueron cortadas y cepilladas en el laboratorio, respetando lo establecido en la norma europea UNE-EN-1382:2000. Los clavos utilizados son acero Acindar con punta paris de 50,8 mm de longitud y 2.54 mm de diámetro.

## 2.2. Método

El ensayo se realizó **sobre** 45 probetas cuyas dimensiones son 250x50x45 mm, la mayor dimensión corresponde a la dirección de la veta. Las probetas fueron estabilizadas en una cámara a una temperatura de  $20 \pm 2$  °C y a una humedad relativa ambiente de  $65 \pm 5$  %.

Los clavos fueron introducidos 30 mm de profundidad en las probetas empleando herramientas comunes. **Dos se colocaron en la cara radial, dos en la tangencial y uno en cada cara longitudinal como se puede observar** en figura 1 y figura 2.



**Figura 1.** Esquema de colocación de clavos



**Figura 2.** Probeta con los clavos en posición para ensayo

El procedimiento de ensayo se ajustó al descrito por la Norma EN 1382:2000. Se diseñó un dispositivo, tal como ilustra la Imagen 3, que permite la extracción de los elementos con una prensa de compresión. Se ajustó la velocidad de desplazamiento del cabezal de carga de la prensa hidráulica a 2 mm/min. Para medir los esfuerzos se utilizó una celda cargas de capacidad máxima de 10 KN y precisión 1 N.

De cada probeta se determinó el contenido de humedad aplicando la Norma IRAM 9532 (1963) y la densidad anhidra según lo establecido en el Reglamento Argentino de Estructuras de Madera “CIRSOC 601” (2013). La densidad aparente se obtuvo según la UNE – EN 384:2000.



**Figura 3.** Dispositivo para ensayo.

### 3. Resultados y Discusión

#### 3.1. Resultados experimentales de arrancamiento de clavos

La Tabla 1 muestra los resultados experimentales del arrancamiento de clavos y su análisis estadístico.

**Tabla 1.** Resultados Experimentales al Arrancamiento de Clavos

Parámetros	DIRECCION DE LOS ANILLOS			Humedad (%)	$\rho_{12\%}$
	Tangencial (N)	Radial (N)	Longitudinal (N)		
MAXIMO	875,05	1491,12	543,47	12,33%	398,40
MINIMO	116,74	156,96	117,72	12,97%	523,27
PROMEDIO	420,36	523,38	328,42	11,38%	363,90
DESVIO	174,87	208,54	101,18	0,117	371,93
COV	0,42	0,40	0,31	0,003	27,95
PERCENTIL 5%	192,67	263,89	185,85	0,027	0,07
CANTIDAD	90	88	90	45	45

$\rho_{12\%}$ : es la densidad corregida al 12% de humedad ( según Norma EN 384:2010).

El valor característico de la densidad aparente, para las muestras indicadas en Tabla 1, fue determinado utilizando la siguiente ecuación, que supone una distribución normal de los resultados:

$$\rho_{12\%} = \rho / ((1 - (H - 0.12) / 2)) \quad (1)$$

Al comparar los resultados de fuerza de arrancamiento en clavos, en función de la cara ensayada, se observó que los valores radiales resultaron un 36% mayor que los tangenciales. En la cara longitudinal este valor es sensiblemente inferior.

### 3.2. Parámetro de Arrancamiento según Norma UNE - EN 1382:2000

En la Tabla 2 se muestran los parámetros de arrancamiento de clavos especificados en la norma en cada una de las caras.

**Tabla 2.** Parámetro de Arrancamiento  $f$  – UNE–EN 1382

Parámetro	DIRECCION DE LOS ANILLOS	
	$f$ long. (N/mm <sup>2</sup> )	$f$ perp. (N/mm <sup>2</sup> )
MAXIMO	7,132	19,569
MINIMO	1,545	1,532
PROMEDIO	4,310	6,185
DESVIO	0,320	0,430
COV	0,074	0,070
CARACT. 14358	2,340	2,670
CANTIDAD	90,000	178,000

$f_{long}$ : Parámetro de arrancamiento longitudinal

$f_{perp}$ : Parámetro de arrancamiento perpendicular(radial y tangencial)

El procedimiento de ensayo se realiza con una velocidad de carga constante tal que se alcance  $F_{m\acute{a}x}$  en  $(90 \pm 30)$  seg. con una precisión de 1%.

El parámetro de arrancamiento fue determinado utilizando la siguiente ecuación:

$$f = F_{m\acute{a}x} / d * l_p \quad (2)$$

### 3.3. Parámetro de Arrancamiento por unidad de longitud ( Cirsoc 601)

El CIRSOC 601 propone suplementos y valores de referencia para tensiones admisibles en función del diámetro de clavo y G (Densidad anhidra). El reglamento no distingue si es cara tangencial o radial, solo que es perpendicular a la fibra. Toma como condición normal de trabajo una carga de 10 años de duración, humedad menor a 12%, y una temperatura menor a 40°C. Como las condiciones de ensayo cumplen todas las condiciones anteriormente nombradas, salvo la duración de la aplicación de carga, que se puede estimar en 10 minutos, corresponde aplicar un coeficiente de corrección de acuerdo (CIRSOC 601).

A los valores de la tabla 1 se los dividió por la longitud de penetración (30mm), presentando la tabla 3 los resultados obtenidos para la dirección longitudinal y perpendicular.

Grabación y fórmula

El diámetro del clavo utilizado fue de 2.54 mm, con una penetración en la probeta de 30 mm. La densidad anhidra G, puede obtenerse con la siguiente ecuación:

$$G = G_{mc} / ((1 + mc) - 0.84mcGmc) \quad (3)$$

Donde mc: contenido de humedad expresado como cociente entre el peso del agua contenida y el peso anhidro.

**Tabla 3.** Arrancamiento por Unidad de Long. Para clavos de 2.54 mm

Parámetro	DIRECCION DE LOS ANILLOS		Densidad Anhidra (Kg/cm <sup>3</sup> )
	Long. (N/mm)	Perp. (N/mm)	
MAXIMO	18,12	49,70	368,53
MINIMO	3,92	3,89	490,43
PROMEDIO	10,95	15,71	335,77
DESVIO	0,32	0,43	0,07
COV	0,03	0,03	0,00
CARACT. 14358	5,84	6,79	324,48
CANTIDAD	90,00	178,00	45,00

Si al valor característico le aplicamos el factor de duración de la carga de 1.6, según la tabla 4.3-2 del CIRSOC 601, nos da un valor de rotura de 4.24 N/mm.

Para una densidad anhidra de 324.48 Kg/cm<sup>3</sup> y un diámetro de clavo de 2.54 mm, el CIRSOC 601, propone un valor de resistencia de extracción de diseño de referencia W=1.4, obtenido de tabla S.4.1.2-1 (Uniones con clavos lisos sometidas a una carga de extracción.).

Si dividimos el valor de rotura (4,24 N/mm) con el admisible propuesto por el reglamento (1.4N/mm) obtenemos un coeficiente de seguridad de 3.02, que nos indica una BUENA CONDICION, con lo que podemos afirmar que el valor propuesto por la tabla del CIRSOC 601 se ajusta a la resistencia a la extracción de clavo de ese diámetro para POPULUS deltoide AUSTRALIANO

#### 4. Conclusiones

La fuerza de extracción de clavos está en función de la estructura anisotrópica de la madera. Para la madera investigada (POPULUS deltoide AUSTRALIANO) es correcta la sugerencia de la normativa de no utilizar clavos en forma longitudinal a la dirección los anillos de crecimiento, lo cual queda demostrado por los bajos valores determinados experimentalmente. Se corrobora que no se distingue la resistencia al arrancamiento entre la dirección tangencial y radial, por lo que resulta correcta la sugerencia de determinar solo cómo “perpendicular” a los anillos de crecimiento.

Los resultados experimentales obtenidos según la Norma UNE – EN 1382:2000 arrojaron valores admisibles con un coeficiente de seguridad del 3.02 respecto del CIRSOC 601 en el suplemento 4.

## 5. Bibliografía

- Asociación Española de Normalización y Certificación UNE-EN 384, (2010). "Madera estructural. Determinación de los valores característicos de las propiedades mecánicas y la densidad". Madrid. España.
- Asociación Española de Normalización y Certificación UNE-EN 1310 (1997), "Madera aserrada y madera enrollada. Método de medida de las singularidades". Madrid. España
- Asociación Española de Normalización y Certificación UNE – EN 1382:2000 – "Resistencia al arranque de los elementos de fijación en la madera" Madrid. España
- CIRSOC 601 (2013) - Reglamento Argentino de Estructuras de Madera "Disposiciones generales y requisitos para el diseño y construcción de estructuras de madera en edificaciones"
- Norma UNE - EN 14358:2006 - Estructuras de Madera. "Cálculo del valor característico del percentil del 5% y criterio de aceptación para una muestra"
- INSTITUTO ARGENTINO DE RACIONALIZACION DE MATERIALES (1963) IRAM 9532, Madera – Método de determinación de la humedad. Buenos Aires