

**XXXVIII****Jornadas Sudamericanas  
de Ingeniería Estructural****Lima 2018***La Ingeniería Estructural: fuente para el desarrollo e integración de América y el mundo***ID: XXXVIIIJSIE-05-009**

## **PUESTA EN VALOR DEL PINO PONDEROSA DE RIO NEGRO PARA USO EN ESTRUCTURAS DE MADERA**

### **VALUE OF PONDEROSA PINE OF RIO NEGRO FOR USE IN WOODEN STRUCTURES**

María C. Filippetti (1); Alfredo A. Guillaumet (2) (P); Roberto D. Manavella (3) Juan Diez (4);  
Gonzalo Caballé (5)

(1) y (2) Ingeniero en Construcciones, Profesor Titular UTN FRVT y UNNOBA. Venado Tuerto. Argentina.

(3) Ing. Civil, Profesor Titular UTN FRVT. Venado Tuerto. Argentina.

(4) y (5) Dr. Ing. Forestal. , INTA, EEA Bariloche. Grupo de Ecología Forestal

[cecilia\\_filippetti@hotmail.com](mailto:cecilia_filippetti@hotmail.com) - [aaguillaumet@frvt.utn.edu.ar](mailto:aaguillaumet@frvt.utn.edu.ar) (P) Presentador

**Área Temática:** Área 5 - Investigaciones experimentales y Tecnología de materiales

#### **Resumen**

El Primer Reglamento Argentino de Estructuras de Madera, CIRSOC 601 (2016), en sus suplementos contempla los valores de las propiedades estructurales de madera de solo cuatro especies: *Pinus elliottii/taeda*, *Araucaria angustifolia*, *Eucalyptus grandis* y *Populus deltoides* proveniente de bosques implantados en la región mesopotámica. En la zona andina de la provincia de Neuquén, Río Negro, y Chubut, existe una amplia superficie con bosques implantados de pino ponderosa. La posibilidad de utilizar esta madera para la construcción de estructuras y la apertura de nuevos mercados de comercialización, exige la evaluación de sus propiedades resistentes y elásticas. Este trabajo presenta los resultados del ensayo de 181 tablas aserradas de pino ponderosa. Las singularidades se evaluaron de acuerdo a la norma UNE-EN 1310:1997 y los ensayos se realizaron de acuerdo a la norma UNE-EN 408:2011. Se propone un método de clasificación visual con 2 grados resistentes. Los valores obtenidos de resistencia a flexión para los grado 1 y 2 son 17,5 N/mm<sup>2</sup> y 11,2 N/mm<sup>2</sup> respectivamente, con un módulo de elasticidad de 6601 N/mm<sup>2</sup> y 4513 N/mm<sup>2</sup> para cada grado resistente. A partir de las propiedades de las tablas, se determinaron los valores estructurales esperables para vigas de madera laminada encolada, según las expresiones que propone la norma UNE-EN 1194:1999. Para las dos clases resistentes, los valores resultaron para el grado 1 y 2 muy similares en resistencia a flexión a los propuestos para el *Pinus elliotti/ taeda* de Misiones, y con un módulo de elasticidad 50% inferior.

**Palabras-clave:** *pino ponderosa, viga laminada, caracterización mecánica, madera aserrada.*

#### **Abstract**

The First Argentine Regulation of Wood Structures, CIRSOC 601 (2016), in its supplements, contemplates the values of structural wood properties for only four species: *Pinus elliottii / taeda*, *Araucaria angustifolia*, *Eucalyptus grandis* and *Populus deltoides* from forest implanted in the Mesopotamian region. In the Andean zone of the province of Neuquén, Río Negro and Chubut, there is a large area with ponderosa pine implanted forests. The possibility of using this wood for the construction of structures and new markets of commercialization, requires the evaluation of its resistant and elastic properties. This paper presents the results of the test of 181 sawed boards of pine ponderosa. The singularities were evaluated according to the UNE-EN 1310: 1997 standard and the tests were carried out in accordance with the UNE-EN 408: 2011 standard. A method of visual classification with 2 resistant grades is proposed, the obtained values of flexural strength for grade 1 and 2 are 17,5 N / mm<sup>2</sup> and 11,2 N / mm<sup>2</sup> respectively, with a modulus of elasticity of 6601 N / mm<sup>2</sup> and 4513 N / mm<sup>2</sup> for each resistant grade. From the properties of the tables, the expected structural values for glued laminated wooden beams were determined, according to the expressions proposed by the UNE-EN 1194: 1999 standard. For the two resistant classes, the values for grade 1 and 2 were very similar in flexural strength to those proposed for the pinus elliotti / taeda of Misiones, and with a 50% lower modulus of elasticity.

**Keywords:** *ponderosa pine, laminated beam, mechanical characterization, sawn wood.*



XXXVIII

Jornadas Sudamericanas  
de Ingeniería Estructural

Lima 2018



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

## 1. INTRODUCCIÓN

La protección del bosque nativo impulsó a la industria de la construcción a utilizar madera proveniente de bosques implantados. La necesidad de longitudes y escuadrías de dimensiones que no podían satisfacerse con elementos aserrados estimuló la utilización de vigas laminadas encoladas.

En el año 2002 en Argentina se aprueba la primera norma con un método de clasificación en grados resistentes y en la actualidad existen cuatro combinaciones de especie / procedencia que poseen una norma del Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM). Para el diseño de estructuras de madera, en 2013 se finalizó la redacción Reglamento Argentino de Estructuras de Madera, CIRSOC 601 que se aprobó en 2016. Esta versión del reglamento realiza el diseño en tensiones admisible. El reglamento, que contempla el diseño con madera aserrada y laminada encolada, adjunta los valores de las propiedades para solo cuatro especies: *Pinus elliotti/taeda*, *Araucaria angustifolia*, *Eucalyptus grandis* y *Populus deltoides* proveniente de bosque implantados en la región mesopotámica.

La madera es un material natural que presenta grandes variaciones de las propiedades que la caracterizan, en función de la especie, tratamiento silvicultural y por ende condiciones de disponibilidad de recursos, ambientales y genéticas como así también los tratamientos de post-cosecha como aserrado, acabado y secado. Las propiedades no solo varían de un árbol a otro, sino también dentro del árbol en función de la altura y la distancia a la médula (Glos 1995).

Se consideran características reductoras de la resistencia a los nudos, la desviación de la fibra, la densidad, la tasa de crecimiento y las fisuras; como características geométricas las gemas y las deformaciones (curvatura de cara, de canto y el alabeo); y como características biológicas la afectación por hongos e insectos (Glos 1995, Hoffmeyer 1995)

El pino ponderosa se introdujo en la Patagonia Argentina en el comienzo del siglo XX siendo que de manera intensiva las primeras plantaciones para la producción de madera se establecieron en la década de los 70. Actualmente es la especie forestal más plantada en la región de los andes patagónicos, concentrándose en la pre-cordillera andina de las provincias de Neuquén, Río Negro y Chubut (Gonda, 2001), con una superficie de total cercanas a las 100 mil ha (Inventario de Plantaciones Forestales, 2015). Esta amplia superficie con bosques implantados hace relevante el estudio de sus propiedades estructurales con el fin de obtener su incorporación a los suplementos del reglamento CIRSOC 601.

Los árboles maduros poseen albura de color amarillento pálido y duramen rojizo claro, diseño floreado en el corte tangencial y veteado en corte radial. Es considerada una madera liviana. La aplicación de tratamientos silviculturales, fundamentalmente raleos, tienden a mantener el vigor de las plantaciones.

Los principales productos de pino ponderosa encontrados en el mercado hoy son: postes impregnados y varillas para alambrado, postes para construcción y revestimiento de cabañas, tablas y tacos para pallets y fabricación de bins, tablas y tirantes para encofrado y machimbres. Otro producto que se fabrica con esta especie es la madera clear, fundamentalmente para la construcción de vigas laminadas, en etapa incipiente (Spavento, 2010), como también la construcción de viviendas utilizando ladrillos de madera.

Este trabajo presenta los resultados experimentales de las propiedades de tablas del pino ponderosa implantado en la provincia de Río Negro, en las proximidades de la ciudad de San Carlos de Bariloche, ensayadas según la norma UNE-EN 408(2011), propone un método de clasificación visual resistente y evalúa los posibles valores resistentes para vigas laminadas encoladas de acuerdo a los lineamientos propuestos en la norma UNE-EN 1194(1999).



**XXXVIII**

**Jornadas Sudamericanas  
de Ingeniería Estructural**

**Lima 2018**



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

## **2. MATERIAL Y MÉTODO**

### **2.1 Material**

La madera de pino ponderosa fue obtenida de trozas provenientes de tres sitios el predio La Lucha, el predio de la familia Martin y del barrio cerrado Dos Valles (26, 21 y 19 años de edad respectivamente), todos sitios de la cuenca Arroyo del Medio, próxima a la ciudad de San Carlos de Bariloche. El diámetro promedio mayor de las trozas fue 27,4 cm y el menor de 19,9 cm. Los largos variaron entre 2,35 y 4,40 m. El volumen promedio de las trozas fue de 0,14 m<sup>3</sup> y el rendimiento del aserrío alcanzó el 50,3 %.

Las trozas fueron aserradas, secadas y cepilladas en Bariloche, en tablas de 1”x 4” de 3 m de longitud. En el laboratorio de la UTN Facultad Regional Venado Tuerto, se seleccionaron 181 tablas, se cortaron a una longitud de 50 cm y se colocaron en cámara de estabilizado con una temperatura de 20+/-2°C y una humedad relativa ambiente de 65+/-5 % para luego ser ensayadas a flexión.

### **2.2 Método**

Las singularidades se evaluaron de acuerdo a la norma UNE-EN 1310 (1997) para el relevamiento de los defectos: presencia de médula, dimensión de los nudos, deformaciones previas al ensayo, arista faltante, y fisuras. La presencia de ataque biológico causado por hongos de pudrición u orificios por insectos, generaba el descarte de la pieza para uso estructural (rechazo).

El procedimiento experimental se realizó en el laboratorio de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Venado Tuerto, de acuerdo a las prescripciones de la norma UNE-EN 408 (2011). La carga de ensayo se aplicó, mediante una prensa hidráulica con válvula reguladora de caudal que permitía ajustar la velocidad de aplicación de la carga, para que la fuerza máxima se alcance en un tiempo de 300 s ± 120 s. La medición de cargas se realizó con una celda de 10 KN de capacidad máxima con precisión de 10 N, conectada a un transductor marca CIFIC de registración continua de la lectura. Finalmente se registró la carga máxima, el tiempo empleado en alcanzarla y observaciones relevantes acompañadas de fotografías.

Para la determinación del módulo de elasticidad global en flexión y resistencia a flexión se utilizaron las expresiones propuestas en la UNE EN 408(2011).

Posteriormente a los ensayos, en todos los cuerpos de prueba, se determinó la densidad (norma ISO 3131:1975) y humedad (norma ISO 3130:1975).

Los valores de módulo de elasticidad, tensión y densidad se encuentran corregidos de acuerdo a lo especificado por la norma en cuanto al canto de referencia (150 mm) y humedad 12%.

## **3. ANÁLISIS DE RESULTADOS.**

### **3.1 Valores experimentales.**

En la tabla 1 se presentan los valores experimentales de resistencia a la flexión, módulo de elasticidad y densidad de las tablas ensayadas. Los valores se ajustaron a las condiciones de referencia especificadas en la norma UNE-EN 384 (2010).



**Tabla 1:** Valores experimentales de las tablas de Pino Ponderosa.

Variable	Muestra	Mínimo	Medio	Máximo	COV	n
$f_m$	N/mm <sup>2</sup>	8,1	23,0	46,0	36%	181
$E_{m,g}$	N/mm <sup>2</sup>	1.290	5.055	11.418	41%	181
$\rho$	Kg/m <sup>3</sup>	307	387	597	11%	181

$f_m$ : Resistencia a la flexión está ajustada a la altura de referencia de 150 mm.  $E_{m,g}$ : Módulo de elasticidad global ajustada a la humedad de referencia del 12%.  $\rho$ : Densidad ajustada a la humedad de referencia del 12%. COV: coeficiente de variación, n: número de piezas.

### 3.2 Diseño del método de clasificación visual.

A los efectos de diseñar el método de clasificación visual se analizan las correlaciones entre las singularidades de la madera con la resistencia a la flexión y el módulo de elasticidad, la tabla 2 presenta los valores para las 181 probetas ensayadas.

**Tabla 2:** Correlaciones entre la resistencia y el módulo de elasticidad con las singularidades de la madera

Variable	$E_{m,g}$ R (V-P)	Nudosidad R (V-P)	Anillo mayor R (V-P)	Densidad R (V-P)	I. Fibras R (V-P)
$f_m$	0,84 (0,000)	-0,61 (0,000)	-0,36 (0,000)	0,19 (0,008)	-0,14 (0,062)
$E_{m,g}$		-0,51 (0,000)	-0,45 (0,000)	0,11 (0,158)	-0,16 (0,031)

$f_m$ : Resistencia a la flexión.  $E_{m,g}$ : Módulo de elasticidad global. R: coeficiente de correlación de Pearson, entre cada par de variables. (V-P): valor-P

La resistencia a la flexión presenta las siguientes correlaciones: moderadamente fuerte con la nudosidad (R=-0,61), moderadamente débil con el anillo de crecimiento mayor (-0,36), débil con la densidad (0,19) y no significativa con la inclinación de las fibras (valor-P>0,05). Para el módulo de elasticidad la nudosidad (-0,51) y el anillo de crecimiento mayor (-0,45) presentan las mayores correlaciones, mientras que la densidad no resulta estadísticamente significativa (valor-P>0,05) y la inclinación de las fibras presenta una correlación débil. Como en muchas especies se observa una correlación fuerte (0,84) entre el módulo de elasticidad y la resistencia a la flexión.

Los resultados obtenidos indican que la nudosidad y la dimensión del anillo de mayor crecimiento resultan parámetros relevantes en el diseño de un método de clasificación visual. Estos resultados concuerdan con los establecidos por Piter (2003), Guillaumet et al (2007), y Hermoso (2001).

La existencia de médula en las piezas está asociada a la presencia de madera juvenil, que por sus características distintas al resto de la madera se considera razonable no aceptarla en la clase superior, Hoffmeyer (1995), IRAM 9662/3 (2015).

Sobre la base de estas conclusiones se analizan tres perfiles de clasificación visual, presentados en la Tabla 3.

**Tabla 3:** Perfiles para analizar los límites entre clases resistentes.

Propuesta	Calidad	Médula	Nudosidad	Anillo de crecimiento	Inclinación de la fibras
1	Superior	NO	<1/3 h	<10	<1/9
	Inferior	SI	<2/3 h	<15	<1/7
2	<b>Superior</b>	<b>NO</b>	<b>&lt;1/4 h</b>	<b>&lt;10</b>	<b>&lt;1/9</b>
	<b>Inferior</b>	<b>SI</b>	<b>&lt;1/2 h</b>	<b>&lt;15</b>	<b>&lt;1/7</b>
3	Superior	NO	<1/4 h	<8	<1/9
	Inferior	SI	<1/2 h	<12	<1/7

En la Tabla 4 se presentan los valores medio y percentiles del 5% para la resistencia a la flexión y el módulo de elasticidad de cada uno de los tres perfiles de límites analizados.

**Tabla 4:** Resistencia a la flexión para cada perfil de clasificación para las vigas

Perfil	Calidad	Resistencia a la flexión		Módulo de elasticidad		Piezas	
		Medio	P-5%	Medio	P-5%	n	%
		N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>		
1	Superior	28,2	14,3	6.372	3.030	76	42
	Inferior	19,9	11,2	4.237	1.752	75	41
	Descarte	17,5	9,7	3.768	1.816	30	17
2	<b>Superior</b>	<b>29,3</b>	<b>17,5</b>	<b>6.601</b>	<b>4.199</b>	<b>65</b>	<b>36</b>
	<b>Inferior</b>	<b>21,1</b>	<b>11,2</b>	<b>4.513</b>	<b>1.763</b>	<b>74</b>	<b>41</b>
	<b>Descarte</b>	<b>16,6</b>	<b>11,0</b>	<b>3.620</b>	<b>1.796</b>	<b>42</b>	<b>23</b>
3	Superior	30,2	17,5	6.946	4.199	47	26
	Inferior	22,5	11,4	4.812	2.195	90	50
	Descarte	16,4	10,5	3.534	1.743	44	24

P-5%: Percentil 5%; n: número de piezas; los valores de resistencia están ajustados a la altura de referencia de 150 mm; los valores de módulo de elasticidad están ajustados a la humedad de referencia de 12%.

Se puede observar que en la medida que aumenta la exigencia para los dos grados superiores, menor nudosidad y dimensión de anillo de crecimiento, aumentan los valores de resistencia y módulo de elasticidad. En todos los casos en grado superior presenta valores de resistencia superiores al C14 de la norma UNE-EN 338 (2010), pero solo los perfiles 2 y 3 el módulo de elasticidad medio alcanzan 94,3% y el 99,2% del valor que establece la mencionada norma para calificar como C14. Se debe recordar que la norma UNE-EN: 338 (2011) (Erratum) permite incluir en una clase resistente a la muestra que cumpla con el 95% del valor establecido en la norma. Considerando que el principal destino de las tablas será la confección de vigas laminadas encoladas resulta razonable aplicarles una clasificación visual exigente que les permita calificar en la clase resistente más baja definida en el Sistema Internacional de la UNE-EN 338 (2010) y tenga un rendimiento razonable. Las pruebas de múltiples rangos para los perfiles 2 y 3 concluyen que entre las tres calidades las medias son significativamente diferentes, en el perfil 1 eso no ocurre entre la clase inferior y el descarte, el método empleado es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher.

Por lo expuesto para la clasificación visual del pino ponderosa de Río Negro se proponen los límites definidos en perfil 2 y el resto de las pautas en base a las prescripciones de la norma UNE-EN 14081-1(2006) para elementos de calidad inferior a C18.



### 3.3 Determinación por el método analítico de la UNE-EN1194 (1999)

La norma europea UNE-EN 1194 (1999) permite proyectar los valores característicos para las vigas laminadas encoladas a partir de los valores característicos para las tablas aserradas, ensayadas según lo establecido por la UNE: EN 408 (2011), y válida para las especies de coníferas a través de las siguientes fórmulas:

$$f_{m,g,k} = 7 + 1,15 f_{t,0,l,k} \quad (1)$$

$$E_{m,g,k} = 1.05 * E_{0.1,medio} \quad (2)$$

Siendo:

- $f_{m,g,k}$  Resistencia característica en flexión de las vigas laminadas encoladas, en N/mm<sup>2</sup>.
- $f_{t,0,l,k}$  Resistencia característica a tracción de las láminas determinada según la norma UNE-EN 384 (2010) en N/mm<sup>2</sup>.
- $E_{m,g,k}$  Módulo de elasticidad medio de las vigas laminadas encoladas, en N/mm<sup>2</sup>
- $E_{0.1,medio}$  Módulo de elasticidad medio de la tabla aserrada, en N/mm<sup>2</sup>, se adoptó el propuesto en la Tabla 4 para el perfil 2 adoptado.

La Tabla 5 presenta los valores obtenidos por aplicación de las formulas (1) y (2).

**Tabla 5:** Valores característicos de Vigas laminadas de pino ponderosa

GRADO	$f_{m,g,k}$	$E_{m,g,k}$
	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>
1	19	6930
2	15	4740

Los valores expresados son los proyectados, pero a los efectos de proponer su inclusión en normativa IRAM deben ser verificados por los ensayos correspondientes. Con las pautas de clasificación propuestas se están fabricando las vigas laminadas encoladas para llevar adelante el programa experimental.

### 3.4 Comparación de las propiedades estructurales del pino ponderosa con otras especies presentadas la IRAM 9663 (2015)

A los resultados de la clasificación visual por resistencia de tablas del pino ponderosa implantado en Bariloche, se los compara en la Tabla 6, con los valores de las especies incluidas en la norma IRAM 9660 (2015). Se puede apreciar que, con la clasificación visual el pino ponderosa presenta una resistencia a la flexión similar al *Pino elliotti/taeda*, pero con un módulo de elasticidad muy bajo.



**Tabla 6:** Comparación de las propiedades resistentes con los valores para otras especies presentados en la IRAM 9660 (2015)

ESPECIE	GRADO	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (N/mm <sup>2</sup> )	MÓDULO DE ELASTICIDAD (N/mm <sup>2</sup> )
Pino Ponderosa	1	19 *	6930 *
	2	15 *	4740 *
<i>Pino elliotti/taeda</i>	1	19	12600
	2	15	7350
<i>Araucaria angustifolia</i>	1	28	17850
	2	17	12075
<i>Eucaliptus grandis</i>	1	28	14700
	2	24	13125

(\* ) Valores determinados en este trabajo según la UNE-EN1194 (1999)

#### 4. CONCLUSIONES

El sistema de clasificación visual permite separar claramente en tres clases, con valores característicos bien diferenciados para cada una. Los valores de resistencia a la flexión de las tablas, 17,5 N/mm<sup>2</sup> y 11,2 N/mm<sup>2</sup> para los grados superior e inferior respectivamente, resultan similares a los propuestos por la IRAM 9662/3 (2015) para el *Pino elliotti/taeda*. Los valores de módulo de elasticidad de las tablas, de 6.601 N/mm<sup>2</sup> y 4.513 N/mm<sup>2</sup> para los grados superior e inferior respectivamente, resultan inferiores en un 50% a los propuestos por la misma norma.

La proyección para uso en vigas laminadas encoladas del pino ponderosa, clasificado visualmente, arroja valores de resistencia a la flexión muy similares a los indicados para *Pino elliotti/taeda*, pero con un módulo de elasticidad muy bajo. Esto indicaría que, ofrece un potencial uso con bajo compromiso estructural y cuando la deformación no sea un condicionante de proyecto. Los valores deberán verificarse experimentalmente.

La madera de corta final de pino ponderosa deberá ser ensayada de manera que permita confirmar si, la madera de mayor edad presenta un comportamiento similar a la madera juvenil, la cual ha sido la mayoritariamente utilizada en este estudio.

#### AGRADECIMIENTOS

A los establecimientos de la cuenca de Arroyo del Medio (señor Beressant, Martin y consorcio Dos Valles), al aserradero GW quien procesó todo el material y al Ministerio de la Producción de la provincia de Río Negro, quien de manera parcial financió las actividades de traslado de las trozas hasta el aserradero.

A los jóvenes graduados y alumnos de la carrera de ingeniería civil de la Facultad Regional Venado Tuerto de la Universidad Tecnológica Nacional por su participación en el desarrollo de los ensayos.



XXXVIII

Jornadas Sudamericanas  
de Ingeniería Estructural

Lima 2018



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

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CIRSOC 601(2016) INTI. Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad en Obras Civiles. Reglamento Argentino de Estructuras de Madera. Buenos Aires.
- Chauchard L. M. (2012). “Esquemas silvícolas para plantaciones de Pino ponderosa en el noroeste de la Patagonia, Argentina” Revista Producción Forestal. Argentina. Año N° 2, Revista N° 4, pp: 7-12.
- Glos, P. (1995). Strength grading. Basis of design, material properties, structural components and joints. Timber Engineering STEP 1, pp: A6/1-A6/8. Centrum Hout, The Netherlands.
- Gonda, H. (2001). “Manejo de pino ponderosa. Modelo preliminar para plantaciones en sitios de calidad media en la Patagonia andina”. CIEFAP. Argentina. 4 pp.
- Guillaumet A., et al (2007) Clasificación visual resistente de la Araucaria Angustifolia procedente de Eldorado, Misiones, Argentina. III Congreso Iberoamericano de Productos Forestales IBEROMADERA, Buenos Aires.
- Hermoso, E. (2001). Caracterización mecánica de la madera estructural de Pinus sylvestris L. Tesis doctoral. Madrid, ES, Universidad Politécnica. 253 p.
- Hoffmeyer, P. (1995). Wood as a building material. Timber engineering STEP 1, Lecture B2. First edition. Centrum Hout. The Netherlands. P 43-63.
- IRAM 9662-3(2015) Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Madera laminada encolada estructural. Clasificación visual de las tablas por Resistencia. Parte 3: Tablas de Pino taeda - elliotti. Buenos Aires.
- IRAM 9663(2015) Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Madera estructural. Determinación de las propiedades físicas y mecánicas. Buenos Aires.
- ISO 3130(1975). International Organization for Standardization (E.) Wood - Determination of moisture content for physical and mechanical tests.
- ISO 3131(1975) International Organization for Standardization (E). Wood - Determination of density for physical and mechanical tests.
- Piter, J.C. (2003). Clasificación por resistencia de la madera aserrada como material estructural. Desarrollo de un método para el Eucalyptus grandis de Argentina. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de la Plata. 206 p.
- Spavento, et al. (2010). “Datos Tecnológicos Preliminares de Pino Ponderosa (Pinus Ponderosa Dougl. ex Laws) asociados al Sitio”. I Jornadas Forestales Patagonia Sur. Provincia de Tierra del Fuego, CONICET e INTA-Ushuaia.
- UNE- EN 338(1995) - Madera estructural. Clases resistentes. Agencia Española de Normalización y Certificación. Madrid.
- UNE-EN 384(2010) Agencia Española de Normalización y Certificación. Determinación de los valores característicos de las propiedades y la densidad. Madrid.
- UNE-EN 408(2011) Agencia Española de Normalización y Certificación. Madera aserrada y madera laminada encolada para uso estructural. Determinación de algunas propiedades físicas y mecánicas. Madrid.
- UNE-EN 1194(1999) - Estructuras de madera -Madera laminada encolada - Clases resistentes y determinación de los valores característicos.
- UNE-EN 1310(1997) – Madera aserrada y madera en rollo- Método de medida de las singularidades.
- UNE-EN 14081-1(2006) Madera estructural con sección transversal rectangular clasificada por su resistencia Parte 1: Requisitos generales