

EVALUACIÓN DE LA PRESTACIÓN ESTRUCTURAL DE VIGAS LAMINADAS ENCOLADAS DE PINO PONDEROSA

María C. Filippetti ⁽¹⁾; Alfredo A. Guillaumet ⁽²⁾; Tosco, Andrea ⁽³⁾; Meyer, Lía ⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Ing. en Construcciones, Prof. Asociado, ⁽²⁾ Dr. Ing. en Construcciones, Prof. Titular,

⁽³⁾ Ing. Civil, Ayudante 1° ⁽⁴⁾ Ing. Civil, Profesor adjunto, GIDEC, UTN FRVT

mcfilippetti@frvt.utn.edu.ar

RESUMEN

En la Patagonia Norte se dispone de alrededor de 96 mil hectáreas implantadas con coníferas y el 85% es madera de Pino Ponderosa (*Pinus ponderosa* Dougl x Laws) en edad de raleo comercial y apta para su uso en construcción. Existe un método de clasificación visual y valores admisibles para vigas y tablas aserradas de esta especie-procedencia, incorporado en el año 2020 a los suplementos del Reglamento Argentino INTI-CIRSOC 601 (2016)¹. Buscando otorgar valor agregado a esta madera, y para lograr mayores escuadrías y longitudes de piezas, se fabricaron vigas laminadas encoladas (VLE), respetando las normas IRAM 9660/1²/2³ (2015) y 9661 (2015)⁴. Este trabajo muestra los resultados experimentales de las propiedades mecánicas de 34 VLE clase 1 de pino ponderosa de la NorPatagonia, ensayadas según norma IRAM 9663 (2013)⁵. Si comparamos los valores experimentales promedios con los valores determinados según la norma UNE-EN 1194(1999)⁶, en el módulo de resistencia (MOR) resultó de 18,27 N/mm² levemente menor al teórico de 19 N/mm², y en el módulo elástico (MOE) el valor experimental es de 6331 N/mm² inferior a los 6408 N/mm² esperables. Resulta necesario aumentar la cantidad de piezas ensayadas para obtener valores confiables.

ABSTRACT

*In Northern Patagonia there are around 96 thousand hectares planted with conifers and 85% is Ponderosa Pine wood (*Pinus ponderosa* Dougl x Laws) of commercial thinning age and suitable for use in construction. There is a visual classification method and admissible values for beams and sawn boards of this species-origin, incorporated in 2020 to the supplements to the Argentine Regulation INTI-CIRSOC 601 (2016)¹. Seeking to give added value to this wood, and to achieve greater squares and lengths of pieces, glue-laminated timber (GLT) were manufactured, respecting IRAM standards 9660/1²/2³ (2015) and 9661 (2015)⁴. This work shows the experimental results of the mechanical properties of 34 class 1 GLT of Ponderosa Pine from Northern Patagonia, tested according to IRAM 9663 (2013)⁵ standard. If we compare the average experimental values with the values determined according to the UNE-EN 1194(1999)⁶ standard, the resistance modulus (MOR) was 18.27 N/mm², slightly lower than the theoretical 19 N/mm², and in The elastic modulus (MOE) experimental value is 6331 N/mm², lower than the expected 6408 N/mm². It is necessary to increase the number of pieces tested to obtain reliable values.*

Organiza:

1) INTRODUCCIÓN

El pino ponderosa (*Pinus ponderosa* Douglas ex Lawson) es una especie de crecimiento rápido y gran plasticidad, se adapta a diferentes condiciones de sitio, con escasa exigencia de agua. Las propiedades físicas y mecánicas varían si la madera es juvenil o madura y la transición entre ambas se produciría según estudios a partir del vigésimo anillo de crecimiento.

El principal objetivo de las plantaciones de pino ponderosa es producir materia prima para contribuir al desarrollo socioeconómico de la región Andino Patagónica. Como beneficio adicional el establecimiento de nuevos bosques contribuirá a frenar o revertir el proceso de desertificación que está afectando a importantes áreas de la región (Gonda, 2001)⁷

En Norpatagonia, en los últimos 50 años, se han forestado aproximadamente 102.000 ha, de las cuales, 96.500 ha corresponden a coníferas y un 85% de ese total a una única especie, el pino ponderosa (Caballé et al, 2022)⁸. El total forestado representan menos del 10% del potencial biofísico de la región (Bava et al. 2016)⁹ Actualmente la producción de la región es deficitaria respecto al consumo, por lo cual ingresa madera proveniente del norte argentino. En términos generales, las industrias que hoy procesan madera en la región cordillerana enfrentan un escenario de alta demanda en el mercado local y regional, al que no pueden satisfacer debido a problemas de abastecimiento de materia prima, baja escala de producción, falta de competitividad en costos y calidad regular de productos (Peri et al, 2016)¹⁰. En el pino ponderosa, la transición entre madera juvenil a madura sucede a los 20 años de edad total en la base del árbol Zingoni et al. (2007)¹¹, Letourneau et al. (2014)¹² por lo que la mayor parte de la madera presente en la región Patagonia norte, proviene de raleos con abundantes nudos debido a la ausencia de manejo forestal adecuado que aseguren podas en tiempo y forma.

Desde el año 2006, actualizadas en año 2015, Argentina cuenta con las normas para Madera laminada Encolada IRAM 9660/1²/2³ (2015) sobre clases resistentes, requisitos de fabricación y control y métodos de ensayo; y la IRAM 9661 (2015)⁴ sobre requisitos de empalmes de unión dentada. En las mismas, están los valores recomendados para VLE fabricadas con las especies procedentes de la región mesopotámica, poniéndolas en ventaja comercial respecto de las demás.

El laboratorio de la Facultad Regional de Venado Tuerto, hace 20 años caracteriza madera de uso estructural, también productos madereros como vigas laminadas encoladas estructurales (VLEE). Desde 2017, se comienza a caracterizar la madera de pino ponderosa proveniente de la región Patagonia norte; como se muestra en las publicaciones de Filippetti et al (2014)¹³ Guillaumet (2019)¹⁴ y Guillaumet (2020)¹⁵.

En las conclusiones de Guillaumet et al, (2022)¹⁶ plantea que la alta proporción de nudosidad mayor a 1/3 encontrada en las tablas estudiadas de pino ponderosa, nos

Organiza:

indica la necesidad de aprovechar mejor las propiedades resistentes de esta madera, siendo la fabricación de vigas laminadas encoladas una oportunidad para lograr este objetivo a través del saneamiento de la nudosidad de las tablas aserradas.

En el año 2020, se incorpora un apartado en el suplemento 1 del Reglamento INTI-CIRSOC 601 (2016)¹ que provee la información correspondiente a la madera aserrada de pino ponderosa cultivado en la Patagonia norte (Neuquén, Río Negro y Chubut); también se anexa el Apéndice 2, que provee el método de clasificación visual por resistencia para la madera aserrada de esa misma especie-procedencia. Esto busca alentar su uso estructural en la construcción y ponerla en igualdad de condiciones respecto de otras maderas, como el pino elliotti-taeda, álamo, eucaliptus y pino Paraná. Está pendiente la incorporación del método de clasificación visual, de esta especie-procedencia a la norma IRAM 9662/1/2/3/4 (2015)¹⁷.

Por aplicación de la metodología planteada en la UNE EN 1194 (1999)⁶, Guillaumet et al (2022)¹⁶, calculó los valores teóricos de propiedades mecánicas requeridas para vigas laminadas encoladas, determinadas a partir de valores de tablas aserradas de esta especie-procedencia. Todos estos antecedentes, requieren valores experimentales de ensayos, que aporten información suficiente para avanzar en la producción de un producto maderero confiable, como la viga laminada encolada estructural (VLEE) de pino ponderosa procedente de la Patagonia norte.

Este trabajo presenta los resultados experimentales, de 34 vigas laminadas encoladas (VLE) de Grado 1, fabricadas respetando las normas IRAM 9660/1²/2³ (2015) y 9661 (2015)⁴ que permiten asegurar la prestación estructural. Fueron ensayadas según la norma IRAM 9663 (2013)⁵, y se comparan con los valores mínimos requeridos para uso estructural, obtenidos analíticamente por Guillaumet et al (2022)¹⁶. Esto aporta valores al volumen de ensayos necesarios para validar resultados teóricos y en consecuencia solicitar la incorporación de la VLE de pino ponderosa el Anexo B de la norma IRAM 9660/1 (2015)².

2) METODOLOGÍA

2.1) Materiales

Las vigas laminadas encoladas (VLE) Grado 1, se fabricaron en la provincia de Neuquén con madera de Pino Ponderosa, respetando las normas IRAM 9660/1²/2³ (2015) y 9661 (2015)⁴. Fueron confeccionadas de 4 m de longitud con una sección transversal de 10 cm ancho y 25 cm de alto, conformadas con 10 láminas, cada una de 2,5 cm de alto y 10 cm de ancho con unión dentada en cara en el empalme de extremo.

Las tablas aserradas que conforman las VLE, se obtuvieron de ejemplares de plantaciones de pino ponderosa, de la zona patagónica cercana a la localidad de Bariloche. Las piezas fueron clasificadas visualmente de clase1, en aserradero según

Organiza:

el criterio del Apéndice 2 del suplemento 1 del reglamento CIRSOC 601 (2016)¹ versión 2020, que se muestran en la Tabla 1.

Parámetro		Unidad	Clase 1	Clase 2	Determinación ⁽¹⁾
Médula		–	Se admite	Se admite	5.1
Nudosidad		mm/mm	Menor o igual a 1/3	Menor o igual a 2/3	5.2
Dirección de las fibras		mm/mm	Desviación menor a 1/7		5.3
Anillos de crecimiento		mm	Menor a 12	Menor a 16	5.4
Fisuras	No pasantes	m	Longitud menor a 1,5 y a 1/2 del largo de la pieza		5.5
	Pasantes	m	Longitud menor a 1,0 y a 1/4 del largo de la pieza. En los extremos, longitud menor a 2 veces el ancho de la pieza		
Combado y encorvado		mm/mm	Menor a 12/2000		5.6.1
Revirado		mm/mm	Menor que 2/2000 por cada 25mm de ancho de la pieza		5.6.2
Abarquillado		–	Sin restricciones		5.6.3
Arista faltante		mm/mm	Transversalmente menor a 1/3 de la cara o canto donde aparece. Sin restricciones para su longitud		5.7
Ataques biológicos		–	No se admiten zonas atacadas por hongos causantes de pudrición. Se admiten zonas atacadas por hongos cromógenos. Se admiten orificios causados por insectos con diámetro inferior a 2 mm		5.8

Tabla 1. Clasificación visual por resistencia de madera aserrada de pino ponderosa s/ CIRSOC 601 Anexo 2-suplemento 1

Las VLE fueron enviadas embaladas para preservar mejor las condiciones de referencia, al laboratorio de la UTN Facultad Regional Venado Tuerto, donde se realizó una caracterización visual para verificar si respetaban los requisitos para ser consideradas de Grado 1.

Mediante la observación visual, basada en los requisitos de la IRAM 9660-1 (2015)² se analizaron las secciones transversales en los extremos, y las vistas laterales de caras y cantos de la VLE. Según su aspecto exterior uniforme cepilladas en 4 caras sin bolsas de quino ni faltantes, resultaron de clase arquitectónica. Su conformación de tipo homogénea, confeccionadas solo con tablas aserradas Clase 1, con o sin médula, nudos menores a 1/3 de cara o canto, sin ataque biológico, ancho de los anillos de crecimiento menores o iguales a 12 mm, según se observa en la Figura 1.

Organiza:



Figura 1. Testas de las VLE Clase 1 en pino ponderosa

Se corroboraron los requisitos de unión dentada en las láminas, siendo el tipo de unión de cada lámina con orientación perpendicular, respetando los requisitos de la IRAM 9661(2015)⁴. La separación de las uniones dentadas en la zona traccionada (1/4 de la altura exterior desde el borde, incluye 2 láminas), respetan la distancia de ser igual o mayor que 120 mm, entre uniones de extremos ubicadas en una misma lámina o en láminas adyacentes, estipulado en la IRAM 9660-1(2015)² mostrado en la figura 2.

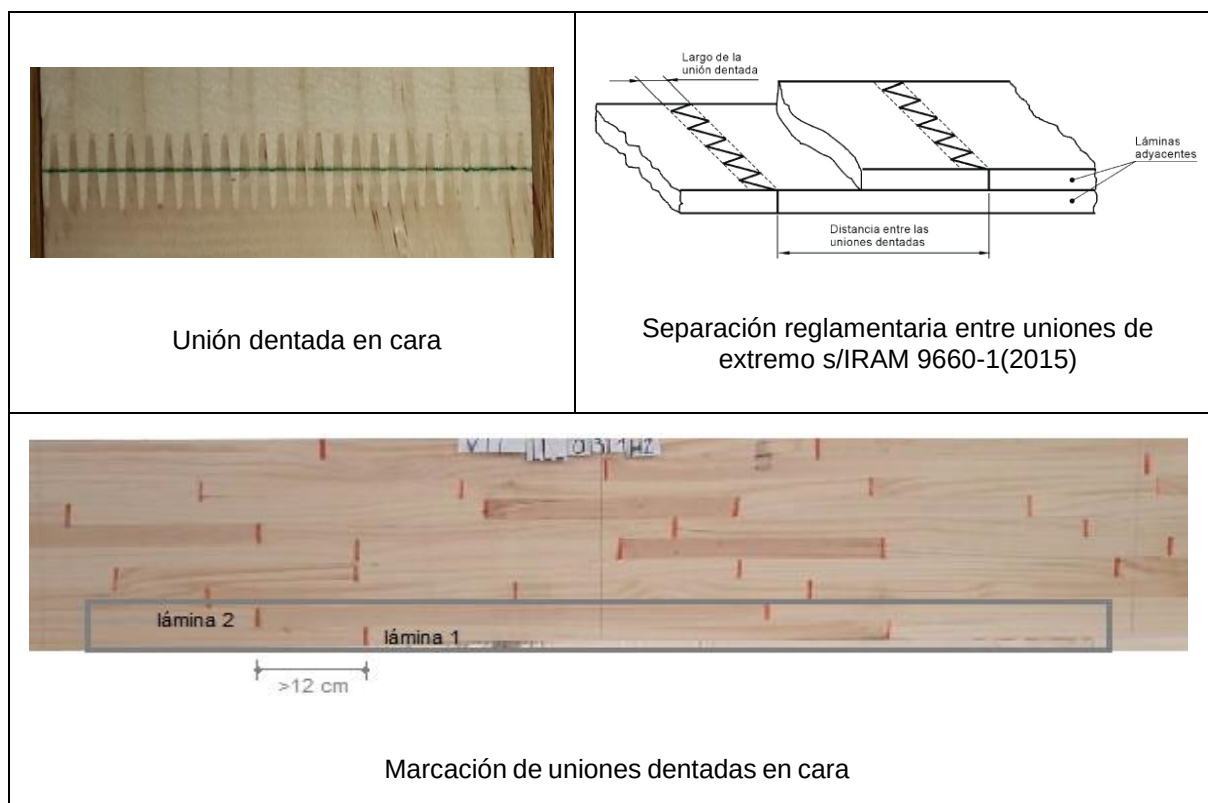


Figura 2. Requisitos de unión dentada en VLE

Organiza:

2.2) Procedimiento de ensayo a flexión en VLE.

Se realizaron ensayos para determinar valores de las propiedades resistentes de las 34 vigas laminadas VLE de pino ponderosa. El procedimiento experimental, se realizó en el laboratorio de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Venado Tuerto, de acuerdo a las prescripciones de las normas IRAM 9663 (2013)⁵, respetando el esquema de aplicación de carga, mostrado en la Figura 3. El sistema de aplicación de carga se hizo mediante una prensa hidráulica con válvula reguladora de caudal que permitía ajustar la velocidad de aplicación. La medición de cargas se realizó con una celda de 50.000 N de capacidad máxima y con precisión de 10 N, conectada a un transductor de carga a fin de obtener un registro continuo de la lectura. Los apoyos aseguran que funcione como simplemente apoyada, y posee topes para evitar pandeo lateral.

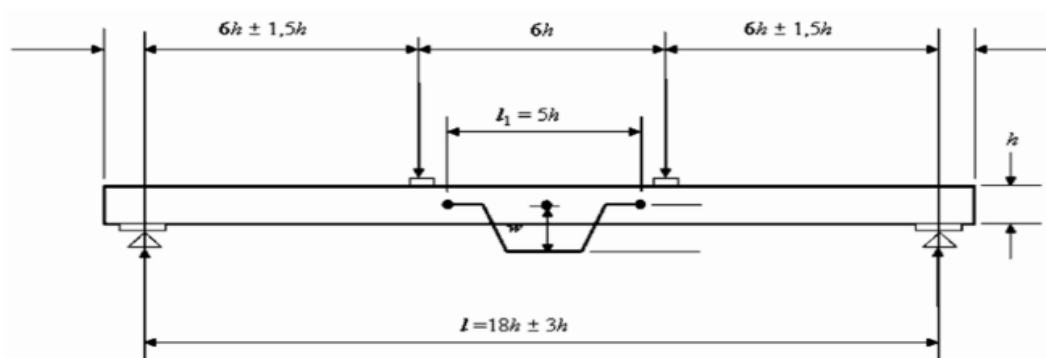


Figura 3. Esquema de ensayo a flexión de VLE

Para determinar el módulo de elasticidad, se utilizaron dispositivos de medición de deformación con precisión 0,01mm, ubicados en el eje neutro, en el tercio medio sobre una luz de 5 veces la altura, para no tener afectación de esfuerzo cortante y a ambos lados para promediar desplazamientos. También se colocó otro comparador digital en la parte inferior, en el centro de la VLE, para medir la deformación global; como muestra la figura 4. Se midieron los desplazamientos y cargas para 7 escalones, sin superar el 50% de la carga estimada de rotura, al llegar a la carga mencionada se retiraron los dispositivos de medición de deformaciones y se continuó el ensayo hasta la rotura.

A cada probeta se le determinó el contenido de humedad y la densidad aparente, sobre un trozo de sección completa extraído de una zona cercana a la rotura. Se respetaron los procedimientos de las normas ISO 13061-1 (2014)¹⁸ e ISO 13061-2 (2014)¹⁹.

Organiza:



Figura 4. Dispositivo de medición de deformaciones en ensayo a flexión

3- RESULTADOS

3.1) Análisis de resultados de los ensayos de flexión de VLE

La Tabla 2, presenta los resultados estadísticos obtenidos en los ensayos a flexión para las muestras de VLE de pino ponderosa. Los valores de módulo de rotura (MOR) se encuentran corregidos a la altura de referencia de 600 mm y ancho 150 mm y longitud de ensayo de 18 veces la altura de la viga; mientras que el módulo de elasticidad global (MOE g), módulo de elasticidad local (MOE l) y la densidad se ajustaron a la humedad de referencia del 12%, según las prescripciones de la norma IRAM 9664 (2013)²⁰.

PARAMETROS	MOR f N/mm^2	MOE E_g N/mm^2	MOE E_l N/mm^2	Densidad ρ kg/m^3
MAXIMO	23,33	7456	8265	453
MINIMO	15,08	4903	4942	354
PROMEDIO	18,27	6331	6718	403
PERCENTIL 5%	15,17	5000	5112	375
COV	14%	11%	14%	5%
CANTIDAD	34	34	34	34

f = resistencia a flexión; E_g = Módulo de elasticidad global, E_l = módulo de elasticidad local; ρ = densidad;
COV = coeficiente de variación

*Tabla 2: Valores experimentales de propiedades resistentes y densidad en VLE
Grado 1 de pino ponderosa*

Organiza:

Los resultados presentados en gráficos de caja y bigote, expuestos en la figura 5, permiten visualizar mejor la muestra y analizar su comportamiento.

El coeficiente de variación del 5% de las densidades, indica la homogeneidad en la madera que conforma la muestra. El valor que considera característico la normativa es el percentil 5% que resulto de 375 Kg/m³, muy superior al valor propuesto de 330 Kg/m³ en el suplemento 1 del CIRSOC 601(2016)¹ para madera aserrada de pino ponderosa de esta procedencia.

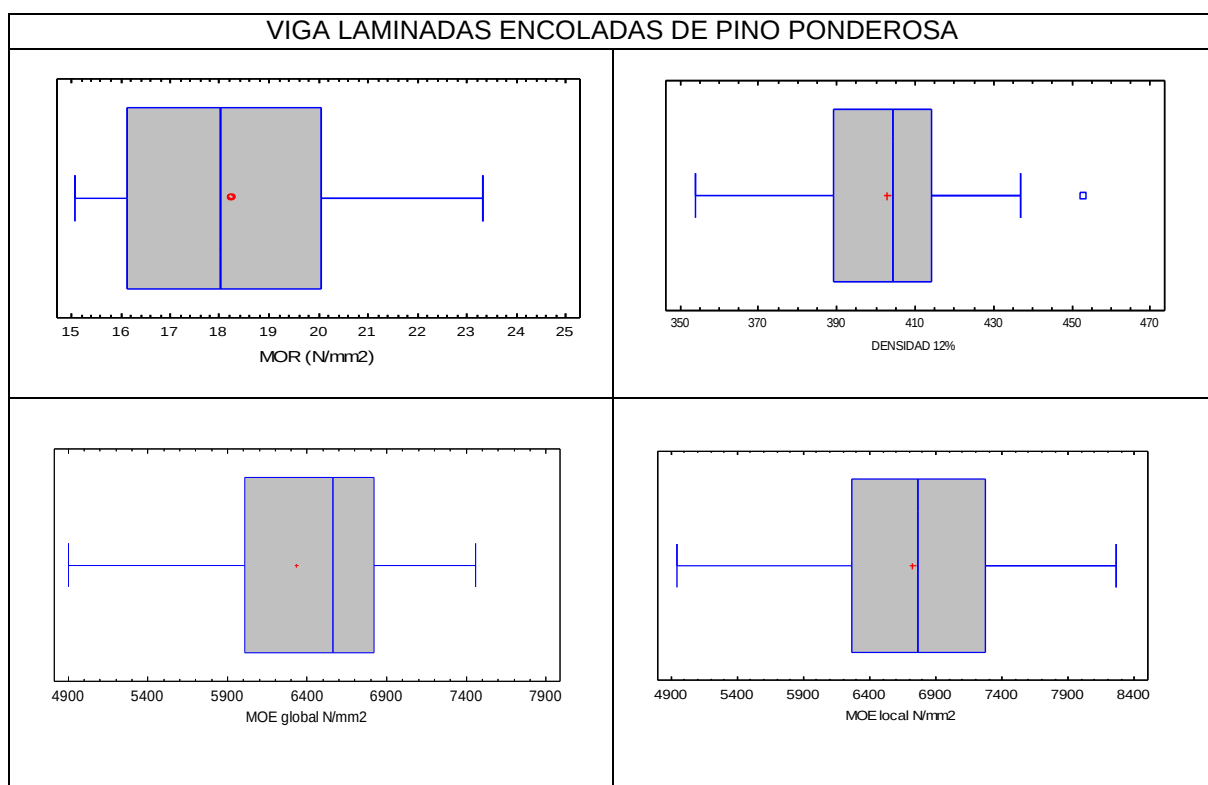


Figura 5. Análisis estadístico de propiedades resistentes en gráfico de caja y bigotes

En el módulo resistente (MOR) observamos un COV del 14% que nos indica una baja dispersión de valores, cumpliendo la normativa que estipula un valor menor del 20%.

El valor característico para módulo elástico es el medio. En los ensayos, se determinaron dos tipos de módulos elásticos. Efectuando una comparación del valor medio del módulo elástico local de 6718 N/mm² resulta un 5% mayor respecto de los 6331 N/mm² valor medio del MOE global; diferencia que confirma lo planteado en la bibliografía y normativa existente. En el módulo de elasticidad global (MOEg) el coeficiente de variación del 11% y en el módulo elástico local (MOE l) del 14 %, Organiza:

marcan una escasa dispersión; resultado adjudicado a que la medición se realizó en el período elástico, con cargas menores al 50% de la de rotura, por lo que ésta no los afectó.

Se evaluaron las roturas de las vigas laminadas encoladas (VLE) luego del ensayo a flexión, donde se observó que no hubo delaminación; las fallas iniciaron en la zona traccionada y dentro del tercio medio, con un alto porcentaje de roturas coincidentes con una unión dentada. Se realizó un registro fotográfico de cada rotura en las VLE, referenciando lugar y el porcentaje de falla de adhesivo en la unión dentada en el canto traccionado, según ejemplos mostrados en la Figura 6.

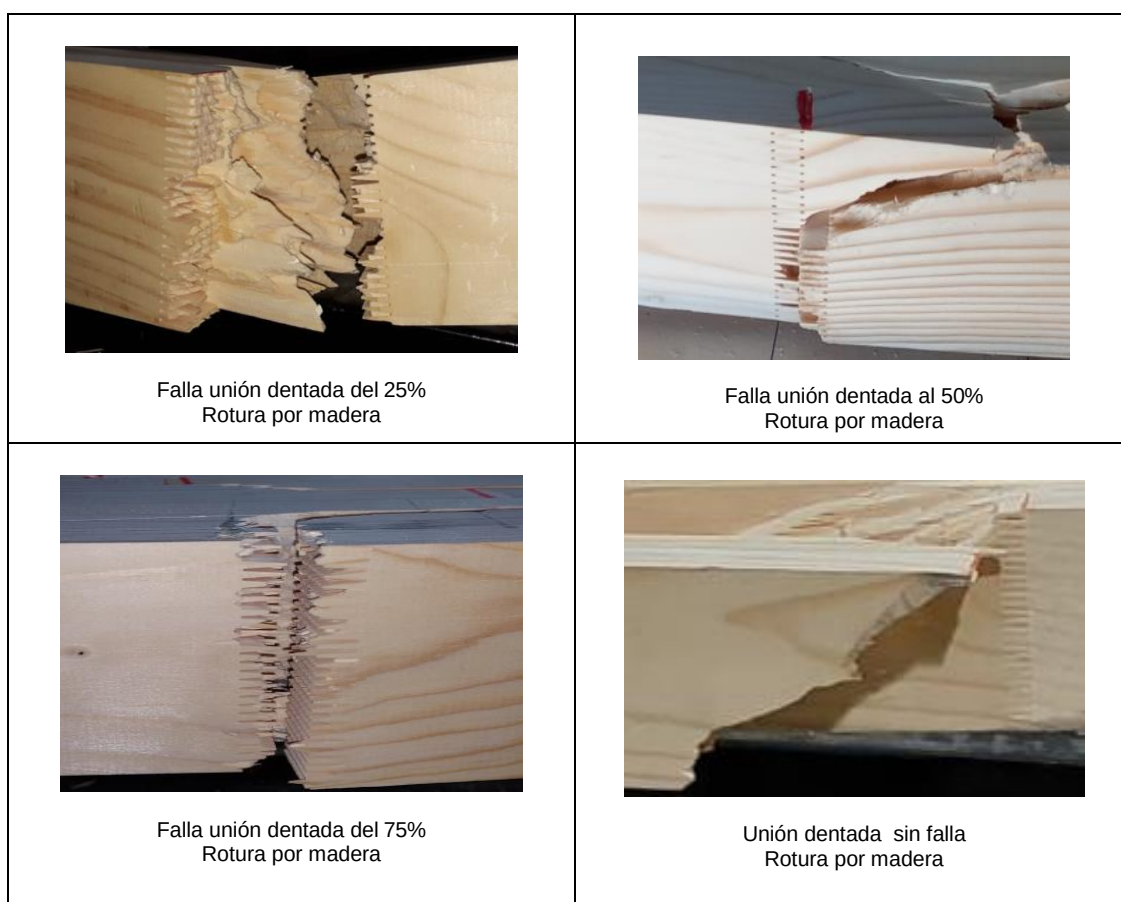


Figura 6. Vista de las rotura de uniones dentadas en el canto traccionado

En la tabla 3, se discrimina la cantidad de probetas que quedaron en cada rango, según el porcentaje de falla de adhesión de la unión dentada en la zona de rotura a tracción de las VLE de pino ponderosa.

Organiza:

Porcentaje de Falla de adhesión de la unión dentada en la zona de rotura						
Rango		0%	< 25%	< 50%	< 75%	< 100%
Probetas	n	19	10	4	1	0

n= cantidad de probetas en cada rango

n= cantidad de probetas en cada rango

Tabla 3. Vigas por % de falla de adhesión en la unión dentada en zona de rotura

3.2) Comparación con los resultados teóricos según UNE EN 1194(1999)

Para fabricar vigas laminadas encoladas, necesitamos conocer las propiedades resistentes de las tablas aserradas que la conforman. Para esto, contamos con los valores de propiedades resistentes y la densidad para tablas aserradas de pino ponderosa de la misma procedencia, obtenidos por Guillaumet (2022)¹⁶, que se muestran en la Tabla 4.

Calidad	MOR		MOE	Densidad	Cantidad probetas
	$f_{m,m}$ N/mm ²	$f_{m,0.75}$ N/mm ²	$E_{m,g,k}$ N/mm ²	ρ_m Kg/m ³	
Clase 1	28.1	18.4	6102	389	92
Clase 2	19	11.5	4074	396	45

$f_{m,m}$: valor medio de la resistencia a la flexión. $f_{m,0.75}$: percentil 0,075% de la resistencia a la flexión. $E_{m,g,k}$: valor medio del módulo de elasticidad global. ρ_m : valor medio de la densidad.

Tabla 4: Valores de propiedades resistentes en tablas de pino ponderosa

En esa misma publicación, se calcularon los valores resistentes teóricos a flexión ($f_{m,g,k}$) y módulo de elasticidad ($E_{m,g,k}$) para las VLE para pino ponderosa en calidades de Grado 1 y 2, detallados en la tabla 5. Fueron determinados a partir de los valores experimentales de resistencia de las tablas aserradas, aplicando las expresiones válidas para coníferas del Anexo A de la norma UNE EN 1194 (1999)⁶.

Calidad	MOR	MOE
	$f_{m,g,k}$ N/mm ²	$E_{m,g,k}$ N/mm ²
GRADO 1	19	6.408
GRADO 2	13	4.278

Tabla 5: Propiedades resistentes teóricas para las VLE de pino ponderosa

Organiza:

Estos valores teóricos deben ser validados con resultados experimentales, en este trabajo, los cotejamos con los valores estadísticos obtenidos en 34 ensayos a flexión de vigas laminadas encoladas (VLE) de Grado 1 de pino ponderosa, procedentes de plantaciones de la misma región patagónica norte de donde se estudiaron las tablas aserradas.

Efectuando una comparación de los valores teóricos mínimo exigido por aplicación de las UNE EN 1194(1999)⁶, el valor medio experimental del módulo elástico global de 6331 N/mm² resulta similar a los 6408 N/mm² valor teórico. Teniendo en cuenta que la muestra experimental es reducida, consideramos en el análisis estadístico el valor medio del módulo de rotura (MOR), y no el percentil 5% exigido como característico por normativa. Este valor medio de módulo de rotura (MOR) de 18,27 N/mm² alcanza el 96% del mínimo exigido de 19 N/mm² para Grado 1.

Los resultados en ambos parámetros módulo resistente (MOR) y módulo elástico (MOE), determinados en el ensayo a flexión, alcanzaron valores muy cercanos a los considerados potenciales para que las vigas laminadas encoladas de esta especie-procedencia. Alentando a continuar en la tarea, aumentando la cantidad de resultados experimentales que permitan alcanzar las propiedades resistentes requeridas, para poner en valor al pino ponderosa; impulsando su uso estructural y aportar al desarrollo productivo de la región norpatagónica.

4) Conclusiones

- ✓ Comparando los valores experimentales alcanzados por las vigas laminadas encoladas (VLE) de Grado 1, respecto de los valores teóricos mínimos determinados por aplicación de la norma UNE-EN 1194(1999)⁶ resultan levemente inferiores. El valor medio del módulo de resistencia (MOR) de 18,27 N/mm² es un 4% menor a los 19 N/mm² exigidos.
- ✓ En tanto, el valor medio del módulo elástico global (MOEg) de 6331 N/mm² es prácticamente igual a los 6408 N/mm² teóricos estipulados para Grado 1.
- ✓ Las fallas de adhesión detectadas en las uniones dentadas por encolado, exigen aumentar los cuidados y el control de calidad en el proceso de fabricación.
- ✓ Debido a que la muestra era reducida para un estudio estadístico relevante, pero con resultados muy cercanos a los requeridos, podemos inferir el potencial del pino ponderosa de la región Patagonia norte para un uso estructural a través de las vigas laminadas encoladas estructurales VLEE.

Organiza:

Agradecimientos: A los becarios investigadores alumnos, graduados de la carrera Ingeniería Civil que forman parte del (GIDEC) Grupo de Investigación y Desarrollo de Estructuras Civiles que colaboraron en la etapa de ensayos mecánicos.

Referencias bibliográficas:

- 1 INTI-CIRSOC 601. 2016. Reglamento Argentino de Estructuras de Madera. Disposiciones generales y requisitos para el diseño y la construcción de estructuras de madera en edificaciones. Suplemento actualización 2020. Manual de aplicación de los criterios de diseño. Buenos Aires, Argentina.
- 2 IRAM 9660/1. 2015. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Madera laminada encolada estructural. Parte 1: Clases de resistencia y requisitos de fabricación y de control. Buenos Aires, Argentina.
- 3 IRAM 9660/2. 2015. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Madera laminada encolada estructural. Parte 2: Métodos de ensayo. Buenos Aires, Argentina.
- 4 IRAM 9661. 2015. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Madera laminada encolada estructural. Requisitos de los empalmes por unión dentada. Buenos Aires, Argentina.
- 5 IRAM 9663. 2013. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Madera estructural. Determinación de las propiedades físicas y mecánicas. Buenos Aires, Argentina.
- 6 UNE-EN 1194. 1999. Estructuras de madera -Madera laminada encolada - Clases resistentes y determinación de los valores característicos. Agencia Española de Normalización y Certificación. Madrid.
- 7 Gonda H. 2001. Manejo de pino ponderosa. Modelo preliminar para plantaciones en sitios de calidad media en la Patagonia andina. CIEFAP. Argentina. 4 pp.
- 8 Caballé G., Diez J.P., Letourneau F., Guillaumet A., Martinez Meier A. 2020, Modelo alternativo para Norpatagonia: madera estructural con pino ponderosa. En VIII Congreso Forestal Latinoamericano
- 9 Bava, J.O.; Loguercio, G.A.; Orellana, I.; Ríos Campano, R.F.; Davel, M.M.; Gonda, H.E.; Heitzmann, L.; Gómez, M.; González, M.A.; Salvador, G.; Zacconi, G. 2016. Evaluación Ambiental Estratégica. Una visión sobre dónde y cómo forestar en Patagonia. CIEFAP –FUNDFAEP. 119 pp
- 10 Peri P., Tejera L., Amico I. 2016. Estado de situación del sector forestal en Patagonia Sur. INTA

Organiza:

- 11 Zingoni MI, Andía I, Mele U. 2007. Longitud de traqueidas y madera juvenil en el fuste de un árbol de pino ponderosa de 50 años. III Congreso Iberoamericano de Productos Forestales IBEROMADERA 2007. Buenos Aires, Argentina.
- 12 Letourneau FJ, Medina AA, Andía IR, Andenmatten E, De Agostini N, Mantilaro, N. 2014. Caracterización xilo-tecnológica de la madera de una plantación adulta de Pinus ponderosa de la Patagonia argentina. RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias, vol. 40, núm. 2, pp. 196-201. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires, Argentina.
- 13 Filippetti MC, Guillaumet AA, Manavella RD. 2014 Aptitud del híbrido pinus eliottii var. eliottii x pinus caribaea var. hondurensis para la fabricación de vigas de madera laminada encolada 23 Jornadas Argentinas de Ingeniería Estructural. Buenos Aires.
- 14 Guillaumet, A. Filippetti M.C., Manavella R., Meyer L. 2019. Resistencia en flexión del pino ponderosa de la Patagonia norte, Argentina. 4° Congreso latinoamericano de Estructuras de Madera. Montevideo. Uruguay
- 15 Guillaumet, A. Filippetti M.C., Manavella R., Meyer L. 2020. Comparación entre la clasificación visual y la mecánica en piezas de pino ponderosa. 26 Jornadas Argentinas de Ingeniería Estructural. Buenos Aires (virtual)
- 16 Guillaumet A., Filippetti M.C., Manavella R., Meyer L. 2022. Vigas laminadas encoladas: una buena opción estructural para el pino ponderosa. En VI Jornadas Forestales Patagónicas- Patagonia Forestal / AÑO XXVII
- 17 IRAM 9662/1/2/3/4 2015. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Madera laminada encolada estructural. Clasificación visual de las tablas por Resistencia. Parte 1: Tablas de pino Paraná. Parte 2: Tablas de Eucalyptus grandis. Parte 3: Tablas de Pino taeda – Elliotti. Parte 4 Tablas de álamo ‘australiano 129/60’ y ‘Stoneville 67’ (Populus deltoides). Buenos Aires. Argentina.
- 18 ISO 13061-1. 2014. Physical and mechanical properties of wood – Test methods for small clear wood specimens. Determination of moisture content for physical and mechanical tests. International Organization for Standardization
- 19 ISO 13061-2. 2014. Physical and mechanical properties of wood – Test methods for small clear wood specimens. Determination of density for physical and mechanical tests. International Organization for Standardization
- 20 IRAM 9664. 2013. Madera estructural. Determinación de los valores característicos de las propiedades mecánicas y la densidad. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Buenos Aires, Argentina

Organiza: