

*Relación entre la Nudosidad y las Características Resistentes de la Araucaria Angustifolia (Pino Paraná)**

Alfredo A. Guillaumet¹, Roberto D. Manavella², María C. Filippetti³, Jacinto Diab⁴, Alberto Armas⁵.

⁽¹⁾ UTN. Facultad Regional Venado Tuerto. Grupo CIDEDEC. Esperanto 653.

Venado Tuerto. Santa Fe. Argentina. Cel: (03462)15500531.aaguillaumet@hotmail.com

⁽²⁾ UTN. Facultad Regional Venado Tuerto. Grupo CIDEDEC. Colón 366.

Venado Tuerto. Santa Fe. Argentina. TE: (03462) 430751. rdmvt@yahoo.com

⁽³⁾ UTN. Facultad Regional Venado Tuerto. Grupo CIDEDEC. Saavedra 2224.

Venado Tuerto. Santa Fe. Argentina. TE: (03462) 431776. cecilia_filippetti@hotmail.com

⁽⁴⁾ UTN. Facultad Regional Venado Tuerto. Grupo CIDEDEC. Sarmiento 605.

Venado Tuerto. Santa Fe. Argentina. TE: (03462) 431036. jacintodiab@hotmail.com

⁽⁵⁾ UTN. Facultad Regional Venado Tuerto. Grupo CIDEDEC. Calle Pública "C" 4410.

Venado Tuerto. Santa Fe. Argentina. TE: (03462) 15531226. albertoarmas@gmail.com

Resumen - En el presente trabajo se analizan 150 vigas a flexión y se establece la correlación entre la resistencia a flexión y el porcentaje de la sección transversal ocupado por la nudosidad. Los ensayos se realizan de acuerdo a Norma UNE-EN 408.

Los resultados muestran una fuerte correlación negativa entre el porcentaje ocupado por nudos en la sección transversal y su resistencia a la flexión. Se alcanza también una fuerte correlación entre el momento de inercia calculado considerando a los nudos como vacíos y la resistencia a flexión.

Se concluye que en las piezas de madera aserrada de *Araucaria angustifolia* la nudosidad genera una importante pérdida de sección y es de suma importancia su consideración al momento del cálculo estructural.

Palabras clave: *Araucaria angustifolia*, características resistentes, clases resistentes, clasificación visual, propiedades mecánicas

Relation between the knotti-ness and the Resistant Characteristics of the Araucaria Angustifolia (Parana Pine)

Abstract - In the present work 150 beams to flexion are analyzed and it settles down the correlation between the resistance to flexion and the percentage of the transverse section occupied by the knotti-ness. The tests are made according to Norma UNE-EN 408.

The results show to a strong negative correlation between the percentage occupied by knots in the the transverse section and their resistance to the flexion. A strong correlation between the calculated moment of inertia is also reached considering to the knots like holes and the resistance to flexion.

One concludes that in the sawed wood pieces of *Araucaria angustifolia* the knotti-ness generates an important loss of section and is of extreme importance its consideration at the time of the structural calculation.

Key words: *Araucaria angustifolia*, Resistant characteristics, resistant classes, visual classification, mechanical properties

* Trabajo publicado en la "XX Jornadas Argentina Ingeniería Estructural". Bajo el Nro 101. 15, 16 y 17 de Octubre de 2008.

Ciudad autónoma de Buenos Aires.

INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción en nuestro país utiliza la madera en diversas aplicaciones, estructuras, revestimientos, pisos, cielorrasos, aberturas y en algunos pocos casos como cerramiento vertical.

Las especies utilizadas habitualmente son nativas de bosques naturales (lapacho, virapitá, incienso, etc.) con excelentes propiedades, pero la disminución alarmante de los bosques y la toma de conciencia de la necesidad de proteger este recurso genera la utilización de madera de plantaciones de reforestación.

Las especies de reforestación poseen buenas propiedades resistentes pero todavía existen muchas imprecisiones e incertezas sobre las mismas. 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. Estos trabajos han generado la norma de clasificación en grados de resistencia para la madera aserrada de pinos resinosos (*Pino elliotti* y *Pino taeda*) del noreste argentino mediante una evaluación visual (IRAM 9670,2002) y las normas de clasificación de tablas (*Araucaria angustifolia*, *Pino elliotti* y *Eucalyptus grandis*) para la fabricación de vigas laminadas. (IRAM 9662-1-2-3 ,2005).

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, pero es necesario aumentar los esfuerzos para conocer mucho 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.

Este trabajo se desarrolla sobre el ensayo de 150 vigas de madera aserrada de Pino Paraná (*Araucaria angustifolia*), y analiza la relación existente entre la resistencia a la flexión y la nudosidad que presenta el elemento.

ANTECEDENTES EN CLASIFICACIÓN DE ARAUCARIA ANGUSTIFOLIA

Se han establecido criterios de clasificación para determinar dos clases resistentes en tablas de *Araucaria angustifolia* destinadas a la fabricación de vigas de madera laminada. Se consideran dos parámetros, primero la presencia de médula que se admite solo en la clase 2, y después se limita la dimensión de la nudosidad, hasta 1/3 de la dimensión de la cara donde se manifiesta para la clase 1 y entre 1/3 y 2/3 para la clase 2. Se presentan los valores característicos de resistencia de la madera de esta especie para cada clase resistente. (CTM et al,2003)

En cuanto a la clasificación de vigas aserradas se toma como base y se adopta el criterio que establece tres clases resistentes.(Guillaumet A.A.et al., 2007).

Nuevamente aparecen la médula y la nudosidad como los parámetros determinantes para establecer los límites entre clases.

En el desarrollo de este trabajo se avanza en otros criterios de evaluación de la nudosidad y se evalúa la modificación del momento de inercia en las secciones con nudos a la luz de los resultados experimentales.

DESCRIPCIÓN DEL NUDOCOMO DEFECTO

Los nudos son una inclusión de una rama en el tallo de árbol. En todos los casos es considerado como un defecto de la madera e incide en varios aspectos:

- * Dificulta la trabajabilidad (operaciones de corte, confección de uniones, lijado y barnizado).
- * Genera particularidades de orden estético que en muchos casos pueden ser valoradas en forma negativa.
- * Provoca inconvenientes en el comportamiento mecánico, fundamentalmente a tracción y flexión.

Como el trabajo está orientado a describir las propiedades de las vigas aserradas de *Araucaria angustifolia* para uso estructural se evalúa la incidencia del nudo en el comportamiento mecánico.

“La presencia de nudos disminuye de forma notable la resistencia de la madera, sobre todo a los esfuerzos de tracción y flexión, haciendo el efecto que si de un agujero de la madera se tratara. La posición del nudo en la pieza también influye en pérdida de resistencia” (Vignote Peña S. et al, 2000).

En la figura 1 se aprecia el desvío de las fibras provocado por la presencia del nudo; este defecto afecta la rigidez y resistencia del material.

La especie que se está estudiando, por la particularidad del crecimiento de varias ramas en un mismo nivel y a intervalos prácticamente regulares, genera que muy rara vez se presentan nudos aislados sino que se presentan como agrupamiento de nudos, figuras 1 y 4.

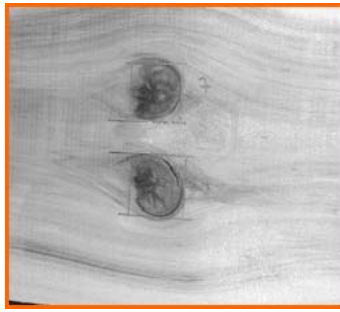


Fig. 1 - Agrupamiento de nudos con desviación de las fibras
ENSAYOS Y CORRELACIONES

Este trabajo es la profundización de los estudios presentados en otra publicación (Guillaumet A.A. et al , 2007), por lo que se realizará una breve reseña de las condiciones en que fue ejecutado ese trabajo para luego avanzar sobre los nuevos análisis.

La especie forestal de la que se estudió el comportamiento estructural es el Pino Paraná (*Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze), procedente de Eldorado, Provincia de Misiones, Argentina.

Se ensayaron 256 vigas de madera aserrada, divididas en 5 series de distinta escuadría (2" x 3", 2" x 4", 2" x 5", 2" x 6" y 3" x 6"). Los ensayos se realizaron de acuerdo a las prescripciones de la Norma Europea (EN 408, 1995). La figura 2 esquematiza el modelo de ensayo.

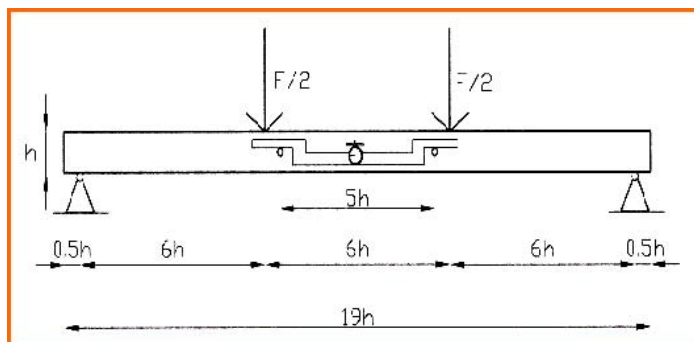


Fig. 2 - Esquema de cargas para ensayo a flexión

La expresión para determinar la resistencia a flexión es:

$$f_m = \frac{aF_{m\acute{a}x}}{2W} \quad (1)$$

donde f_m es la resistencia a flexión en N / mm², a la distancia entre un punto de carga y el apoyo más próximo en el ensayo de flexión, en milímetros, $F_{m\acute{a}x}$ la carga máxima, en newton y W el módulo resistente de la sección, en milímetros elevados a la tercera potencia.

El módulo de elasticidad se obtiene de la medición de deformaciones en una luz de 5h en el centro de la viga y la expresión para determinarlo es:

$$E_m = \frac{al_1^2 (F_2 - F_1)}{16 I (w_2 - w_1)} \quad (2)$$

siendo E_m el módulo de elasticidad en flexión en N/mm², $F_2 - F_1$ el incremento de carga en la parte recta de la curva carga - deformación, en newton, $w_2 - w_1$ el incremento de la deformación correspondiente a $F_2 - F_1$, en milímetros, a la distancia entre un punto de carga y el apoyo más próximo en el ensayo de flexión, en milímetros, l_1 la longitud base de medida utilizada para la determinación del módulo de elasticidad, en milímetros y I el momento de inercia, en milímetros elevados a la cuarta potencia.

Las piezas son ensayadas con los defectos en la posición más desfavorable, por ello la resistencia a flexión y el módulo de elasticidad están influenciados por su presencia; esta es la base sobre la que se propuso la clasificación en clases resistentes.

En ese trabajo se analizan cinco criterios para evaluar la nudosidad:

Criterio de nudosidad N1 (Nudo mayor):

Relación entre la dimensión del nudo mayor y la longitud de la superficie externa donde se manifiesta.

Criterio de nudosidad N2 (Grupo de nudos):

La relación entre la dimensión del nudo o grupo de nudos ubicados en un largo igual al canto de la viga (lo que resulte mayor) y la longitud de la superficie externa donde se manifiesta.

Criterio de nudosidad N3 (Perímetro):

Relación entre la sumatoria de las dimensiones de todos los nudos que se manifiestan en un largo igual al canto de la viga (grupo de nudos en todas las caras de la sección estudiada) y el perímetro de ésta en la sección en estudio.

Criterio de nudosidad N4 (Proyección sobre cuartos extremos de la sección transversal):

% ocupado por la proyección de los nudos sobre los cuartos extremos de la sección transversal.

Criterio de nudosidad N5 (Proyección sobre la sección transversal):

Relación en % del área ocupada por la proyección de todos los nudos de la sección y el área de la sección transversal considerada.

Dimensión del nudo:

El tamaño será la anchura del nudo o grupo de nudos, medidos perpendicularmente al eje longitudinal de la pieza.(EN 1310,1997)

La figura 3 ilustra sobre la determinación de los criterios de nudosidad.

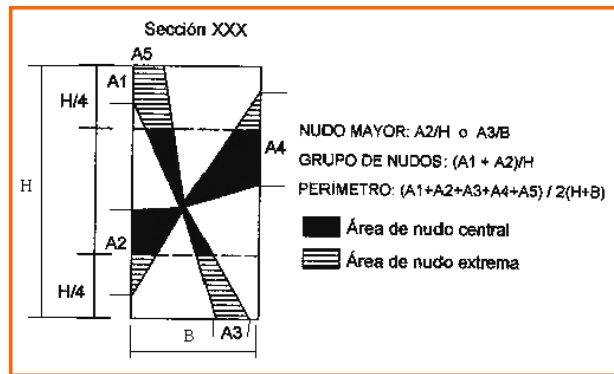


Fig. 3 - Esquema para ilustrar los criterios de nudosidad

Se debe tener en cuenta que los valores de resistencia a la flexión se ajustaron al canto de referencia de 150 mm y los valores de módulo de elasticidad a la humedad de referencia de 12%.

La tabla 1 presenta la correlación entre los criterios para evaluar la nudosidad y la resistencia a flexión y el módulo de elasticidad.

COEFICIENTE DE CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS					
PARÁMETRO 1	PARÁMETRO 2	MUESTRA			
		3 (2" X 4")	4 (2" X 6")	5 (3" X 6")	3 + 4 + 5
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	CRITERIO DE NUDOSIDAD N1	-0,55	-0,68	-0,43	-0,55
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	CRITERIO DE NUDOSIDAD N2	-0,62	-0,66	-0,39	-0,56
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	CRITERIO DE NUDOSIDAD N3	-0,69	-0,73	-0,61	-0,66
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	CRITERIO DE NUDOSIDAD N4	-0,61	-0,74	-0,64	-0,60
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	CRITERIO DE NUDOSIDAD N5	-0,63	-0,75	-0,69	-0,66
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	DENSIDAD	0,65	0,46	0,61	0,56
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	MÓDULO DE ELASTICIDAD	0,73	0,81	0,77	0,76
RESISTENCIA A LA ELASTICIDAD	CRITERIO DE NUDOSIDAD N1	-0,48	-0,69	-0,43	-0,50
RESISTENCIA A LA ELASTICIDAD	CRITERIO DE NUDOSIDAD N2	-0,37	-0,60	-0,56	-0,47
RESISTENCIA A LA ELASTICIDAD	CRITERIO DE NUDOSIDAD N3	-0,51	-0,68	-0,57	-0,57
RESISTENCIA A LA ELASTICIDAD	CRITERIO DE NUDOSIDAD N4	-0,37	-0,66	-0,61	-0,45
RESISTENCIA A LA ELASTICIDAD	CRITERIO DE NUDOSIDAD N5	-0,39	-0,67	-0,64	-0,53
RESISTENCIA A LA ELASTICIDAD	DENSIDAD	0,58	0,54	0,59	0,57

Tabla 1 - Correlación entre los criterios de evaluación de la nudosidad y la resistencia a flexión y el módulo de elasticidad. (Series 3,4 y 5 y Total)

Los tres primeros criterios fueron analizados en extenso en el trabajo anterior (Guillaumet A.A. et al., 2007). Se debe destacar de los mismos que el criterio N3 es el de mayor correlación (0,66) contra el valor de N2 (0,56), pero a los efectos de proponer un sistema de clasificación en clases resistentes se prefirió el criterio N2 por ser su aplicación mucho más sencilla para un operario. No se debe olvidar que la eficiencia de la clasificación visual está directamente relacionada con la posibilidad de una aplicación rápida y sencilla por parte de un operario entrenado.

La propuesta de analizar los criterios de nudosidad N4 y N5 tiene como finalidad realizar una evaluación relacionada con la sección transversal que es la que resiste a flexión y comparar con la correlación seleccionada para clasificar.

En la tabla 1 se puede apreciar que la correlación con la resistencia a flexión del criterio N4 (solo nudos en los cuartos extremos) es ligeramente superior al criterio adoptado para clasificar (N2) pero inferior al criterio N3; el criterio N5 (todos los nudos en la sección transversal) es igual a N3. Se puede apreciar también que en las tres series los criterios N4 y N5, al igual que el N3, presentan valores muy similares al del total de las probetas sin mostrar un valor muy disperso como el caso de N2 en la muestra 5.

En el análisis de las correlaciones para el módulo de elasticidad se aprecia que los valores son sensiblemente inferiores a los observados para la resistencia a flexión. Los valores del criterio N4 son similares a los del criterio N2 y los del criterio N5 a los del criterio N3.

La tabla 2 presenta los coeficientes de correlación entre los valores obtenidos de resistencia a flexión experimentales con la inercia de la sección completa, con la inercia de la sección considerando como vacíos todos los nudos y con la inercia de la sección considerando como vacíos los nudos de la zona traccionada. Se aprecia que en la sección completa la correlación baja (0,42) y que la mayor correlación se da para la consideración de todos los nudos como vacíos (0,75). Para el módulo de elasticidad se produce la misma evaluación, aunque con correlaciones sensiblemente menores. Se puede afirmar que la nudosidad genera una pérdida de sección con una fuerte incidencia en las tensiones a flexión y en el módulo de elasticidad.

COEFICIENTES DE CORRELACION ENTRE PARÁMETROS			
PARAMETRO	MOMENTO DE INERCIA		
	SECCION COMPLETA	NUDOS COMO VACIOS TODOS	TRACCION
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	0,42	0,75	0,67
MODULO DE ELASTICIDAD	0,42	0,64	0,49

Tabla 2 - Coeficientes de correlación entre la resistencia a flexión y el módulo de elasticidad con la inercia de la pieza.

ENSAYOS, RESISTENCIA A FLEXIÓN Y MOMENTO DE INERCIA

En los párrafos anteriores ya se manifestó que los valores obtenidos de resistencia a flexión y módulo de elasticidad fueron obtenidos en ensayos de piezas con nudos y que las expresiones (1) y (2) son las indicadas por la Norma para determinar los valores (EN 408,1995). Se puede apreciar que ambas expresiones utilizan los valores de módulo resistente a flexión y momento de inercia de la sección transversal completa, es decir sin considerar los nudos. Esta forma de cálculo es útil a los efectos de determinar los valores para una clasificación visual, pero nuestro interés es evaluar, con la teoría de la resistencia de materiales, como afecta a las propiedades resistentes la presencia de los nudos. Ya se apreció la fuerte correlación existente entre la resistencia a flexión determinada y la inercia de la sección considerando a los nudos como vacíos.

Teniendo en cuenta el efecto de los nudos en la resistencia de las vigas de madera se determinaron las tensiones generadas en las vigas de la serie 4 (vigas de 2" x 6") con las cargas de rotura experimentales y la inercia de la sección neta, suponiendo a los nudos como vacíos. (Vignote Peña S. et al, 2000).

En primera instancia se considera a todos los nudos existentes en la sección donde se inició la rotura como vacíos y de acuerdo a ello se calcula el momento de inercia para cada uno de los ejes, el momento de inercia centrífugo y los momentos de inercia para los ejes principales; después se consideran como vacíos los nudos que están en la zona traccionada y se calculan nuevamente todas las inercias.

La consideración de los nudos como vacíos genera que la flexión recta se transforme en flexión oblicua en virtud de que la distribución de los nudos en la sección es aleatoria y en general no simétrica. La figura 4 corresponde a secciones de *Araucaria angustifolia* con agrupamiento de nudos, se aprecia a la izquierda las secciones sin simetría y hacia la derecha como la aleatoriedad genera un aumento de simetría.

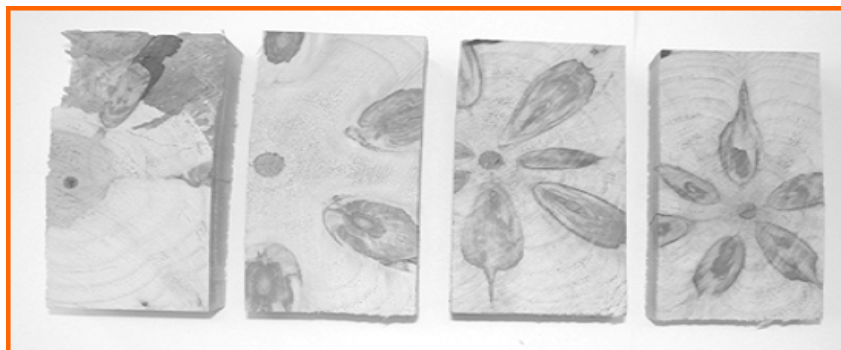


Fig. 4 - Fotografía de secciones transversales con agrupamiento de nudos

Para calcular las tensiones se utiliza la siguiente expresión proveniente de la resistencia de los materiales:

$$\sigma_z = \frac{(M_y * I_x + M_x * I_{xy}) * x - (M_x * I_y + M_y * I_{xy}) * y}{(I_{xy}^2 - I_x * I_y)} \quad (3)$$

La tabla 3 presenta el análisis estadístico de la resistencia a flexión y el módulo de elasticidad para cada una de las consideraciones de la nudosidad enunciadas.

RESISTENCIA A FLEXIÓN (N/mm ²)			
	SECCIÓN COMPLETA	NUDOS COMO VACÍOS	
		TODOS	TRACCIÓN
PROMEDIO	45,26	64,14	60,40
PERCENTIL 5 %	20,63	39,37	32,57
DESVIACIÓN STD.	15,01	15,44	16,46
MÁXIMO	80,80	102,51	102,51
MÍNIMO	18,97	34,13	28,34

MÓDULO DE ELASTICIDAD (N/mm ²)			
	SECCIÓN COMPLETA	NUDOS COMO VACÍOS	
		TODOS	TRACCIÓN
PROMEDIO	13.674	17.338	16.142
PERCENTIL 5 %	7.981	11.829	10.372
DESVIACIÓN STD.	3.177	3.741	3.615
MÁXIMO	19.527	26.612	23.881
MÍNIMO	5.639	10.498	5.660

Tabla 3 - Valores obtenidos para la resistencia a flexión y el módulo de elasticidad considerando la sección bruta y la sección disminuida por la presencia de grupos de nudos

Como era de esperarse al ser menor la inercia se produce un aumento de la tensión, que es mayor para la consideración de todos los nudos como vacíos que cuando se considera solo los existentes en la zona traccionada. Aumenta el percentil del 5% y el promedio y se mantiene la desviación estándar. De la misma manera ocurre para el módulo de elasticidad, aunque en este caso aumente la desviación estándar.

Estos valores por sí mismos no dicen nada nuevo, pero resulta de sumo interés su comparación con los valores obtenidos en la clasificación en clases resistentes propuesta en el trabajo anterior de clasificación visual. (Guillaumet A.A. et al., 2007).

En la tabla 4 se presentan los valores de tensión de flexión (f_{05}) y los valores de módulo de elasticidad medio (E_{medio}) para vigas de *Araucaria angustifolia*, determinados según el criterio adoptado para la clasificación visual en el trabajo anterior (Guillaumet A.A. et al., 2007).

		U.	TODAS	CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3
CRITERIO 5	Médula			NO	SI	SI
	GN	%		< 40%	< 60%	> 60%
	Probetas	%	100%	19.92%	56.10%	23.98%
	f_{05}	N/mm ²	21.14	43.60	24.32	20.06
	E_{medio}	N/mm ²	13.323	15.514	13.276	11.627
	ρ_{05}	Kg/m ³	390	443	390	387

Tabla 4 - Valores de tensión de flexión (f_{05}) y valores de módulo de elasticidad medio (E_{medio}) para vigas de *Araucaria angustifolia*, por clases.

Se puede apreciar que los valores alcanzados para las tensiones en flexión, considerando a todos los nudos como vacíos (39,37 N/mm²), son similares a los obtenidos para la clase 1 de la Tabla 4 (43,60 N/mm²).

Para el módulo de elasticidad medio en flexión estática se aprecia un valor ligeramente inferior.

Si bien existen variaciones en los valores que se comparan, deben tenerse en cuenta ciertas consideraciones.

Los nudos son irregulares y su valoración se efectuó por métodos aproximados.

Las fibras de la madera no se cortan en el nudo sino que se desvían produciendo un aumento de densidad sobre el perímetro del nudo.

En la tabla 4, para la clase 1, se admiten nudos hasta un 40% de la dimensión de la cara donde se manifiesta pero no se admite médula. Además los valores corresponden a 250 ensayos, mientras que la evaluación de las inercias se realizó sobre 48 vigas evaluando los nudos y la médula como vacíos.

En la clase 1 al no admitir médula es poco probable la presencia de madera juvenil de menor resistencia, mientras que sí está presente en el estudio de inercias.

Las propiedades resistentes de la madera no están solo afectadas por la nudosidad, sino que la presencia de médula, la inclinación de las fibras, fisuras previas a la aplicación de cargas, madera juvenil, madera de reacción, tenor de humedad, entre otras, influyen en las características resistentes. A esto debe sumarse la anisotropía y heterogeneidad del material. Por ello, es poco significativo que los valores difieran en aproximadamente un 10%.

De lo expuesto se infiere que considerar a los nudos como vacíos representa acertadamente el comportamiento experimental. Si se considera que para esta especie los nudos no se presentan aislados sino en agrupamientos a intervalos regulares, la pérdida de inercia se produce en varias secciones de la viga; por ello a los efectos de evaluar deformaciones debe considerarse no solo la sección de mayor nudosidad sino además la cantidad de secciones afectadas por este defecto.

El método propuesto de clasificación para vigas aserradas de esta especie no considera este parámetro, tampoco lo hacen las normas IRAM de clasificación mencionada en la introducción y en bibliografía.

CONCLUSIONES

* Se aprecia que la correlación con las propiedades resistentes de una viga de madera aserrada de *Araucaria angustifolia* es sensiblemente mayor si se consideran los nudos en la sección transversal completa y no solamente en los cuartos extremos de la misma.

* La correlación con las propiedades resistentes considerando la proyección de los nudos sobre la sección transversal (N5) es similar a la de considerar los nudos sobre el perímetro de una sección (N3) y superior al criterio de evaluar los nudos en una cara de la viga (N2).

* La diferencia de correlaciones indicada no invalida la consideración del criterio N2 (% del grupo de nudos en relación a la dimensión de la cara donde se manifiestan), sino todo lo contrario, lo confirma como base para proponer un sistema de clasificación en clases resistentes.

* Evaluar a los nudos como vacíos, para determinar los momentos de inercia, representa acertadamente el comportamiento observado en los ensayos realizados.

* Diseñar criterios complejos para evaluar la nudosidad en vigas de madera aserrada de *Araucaria angustifolia* aumenta la correlación con las propiedades resistentes pero dificulta su aplicación práctica en aserradero.

* La evaluación de la nudosidad a través de la relación entre la dimensión del nudo o grupo de nudos ubicados en un largo igual al canto de la viga, (lo que resulte mayor), y la longitud de la superficie externa donde se manifiesta es el más recomendable para ser aplicado por un operario entrenado.

AGRADECIMIENTOS

A los alumnos de Ingeniería Civil de la Facultad Regional Venado Tuerto, que participaron en las tareas de relevamiento de los defectos y los ensayos de laboratorio: Dutto Lucrecia, Gianinni Marianela, Ibarra José, Macerata Yanina, Quinodóz Miguel, Quiroga Mariana, Rabolini Sabrina, Romero Natalia, Sosa Miguel, Venturini Aldana y Viglioni Perla.

REFERENCIAS

Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. "IRAM 9670: Madera estructural. Clasificación y requisitos. Clasificación en grados de resistencia para la madera aserrada de pinos resinosos (Pino elliotti y Pino taeda) del noreste argentino mediante una evaluación visual". (2002).

Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. "IRAM 9662-1, Madera laminada encolada estructural. Clasificación visual de las tablas por resistencia. Parte 1: Tablas de pino Paraná (*Araucaria angustifolia*)" (2005).

Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. “IRAM 9662-2, Madera laminada encolada estructural. Clasificación visual de las tablas por resistencia. Parte 2: Tablas de *Eucalyptus grandis*” (2005).

Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. “IRAM 9662- 3, Madera laminada encolada estructural. Clasificación visual de las tablas por resistencia. Parte 3: Tablas de pino *Tadea* y *Elliotis*”. (2005).

CTM (Centro Tecnológico de la Madera), CITEMA-INTI (Centro de Investigación y Desarrollo para la Industria de la Madera y Afines, Instituto Nacional de Tecnología Industrial), FCF-UNaM (Facultad de Ciencias Forestales Universidad Nacional de Misiones), GEMA-FRCU-UTN (Grupo de Estudio de Maderas, Facultad Regional de Concepción del Uruguay, Universidad Tecnológica Nacional), “Diseño de un método de clasificación visual de madera a utilizar en la fabricación de vigas laminadas (*Pinus elliotii* / *taeda*, *Araucaria angustifolia* y *Eucalyptus grandis*)”. XVIII JORNADAS FORESTALES DE ENTRE RÍOS. Concordia. 23 y 24 de diciembre 2003. (2003)

Guillaumet Alfredo Aníbal, Manavella Roberto Daniel, Filippetti María Cecilia, Diab Jacinto, Armas Alberto, Clasificación Visual Resistente de la *Araucaria angustifolia* procedente de Eldorado, Misiones, Argentina”. Actas del III Congreso Iberoamericano de Productos Forestales y no Forestales. Buenos Aires, Argentina, 3 al 5 de julio de 2007. (2007).

VIGNOTE PEÑA, S., JIMÉNEZ PERIS, F.J. y otros, “Tecnología De La Madera En La Construcción Arquitectónica”, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. (2000).

Comité Europeo de Normalización. “UNE-EN 408, Estructuras de madera. Madera aserrada y madera laminada encolada para uso estructural. Determinación de algunas propiedades físicas y mecánicas”. AENOR, Madrid. (1995).

Comité Europeo de Normalización. “UNE-EN 1310, Madera aserrada y madera en rollo. Método de medida de las singularidades”. AENOR.Madrid.(1997).