

## DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD EN VIGAS DE ÁLAMO 2"x3" MEDIANTE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

**ANDREINI, Valeria; QUIROGA, Mariana; RABOLINI, Sabrina**

G.I.D.E.C. - Facultad Regional Venado Tuerto - Universidad Tecnológica Nacional  
Calle Laprida Nº 651, (S2600EFB) Venado Tuerto, Santa Fe, Argentina.

[gidec@frvt.utn.edu.ar](mailto:gidec@frvt.utn.edu.ar) - [sabrinarabolini@gmail.com](mailto:sabrinarabolini@gmail.com)

**Palabras claves:** Módulo de elasticidad, Ultrasonido, Vibraciones

### RESUMEN

*El objetivo de este trabajo es obtener el módulo de elasticidad en vigas de madera de Populus deltoides Australiano 129/60 de sección 2"x3" mediante ensayos no destructivos y compararlos con los obtenidos por ensayo de flexión.*

*Se ensayaron 47 vigas a flexión determinando el módulo de elasticidad (MOE) global y local. Se emplearon dos métodos no destructivos: en uno se determina la frecuencia de vibración utilizando el software FFT Analyzer y micrófono, y en el otro se calcula el MOE dinámico con un equipo de ultrasonidos Fakopp Microsecond Timer.*

*Con respecto a los valores obtenidos, el MOE calculado por ultrasonido, presenta una variación del orden del 10% con respecto al MOE global y del orden del 1% con respecto al MOE local, mientras que el MOE calculado por vibraciones, presenta una variación cercana al 6% con respecto al MOE global y del 2% con respecto al MOE local.*

### INTRODUCCIÓN

De acuerdo al desarrollo de la construcción con madera que se está dando en el país, se hace necesario contar con valores ciertos de resistencia mecánica para las variedades más usadas, ya que esto permitiría ofrecer a los profesionales de la construcción información precisa para la realización de estructuras más confiables, seguras y económicas.

El objetivo de este trabajo es obtener el módulo de elasticidad en vigas de madera de Populus deltoides Australiano 129/60 de sección 2"x3" mediante ensayos no destructivos y compararlos con los obtenidos por ensayo de flexión.

Este aporte de valores debe hacerse a través de algún método sencillo y preservando la integridad del material ensayado. Para tratar de clasificar y caracterizar mecánicamente piezas de madera de tamaño estructural mediante técnicas no destructivas se viene trabajando con la aplicación de los métodos de ultrasonido y vibraciones.

### MATERIALES Y MÉTODOS

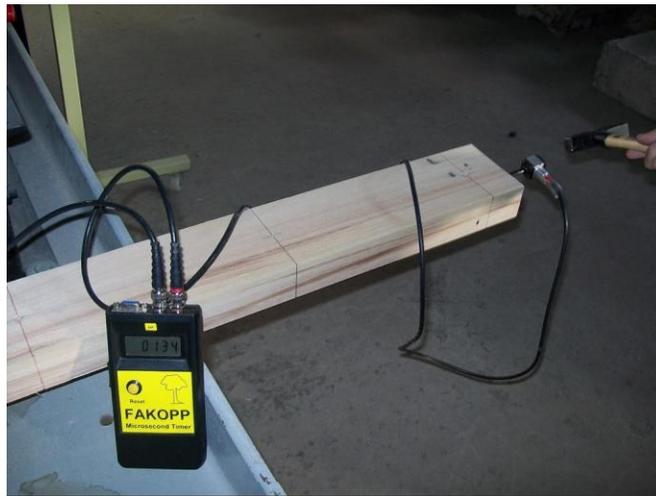
Se trabajó sobre un total de cuarenta y siete (47) vigas aserradas de sección transversal 2"x3" de álamo Populus deltoides Australiano 129/60 proveniente de bosques implantados en el Delta del Río Paraná, Rep. Argentina. Los mismos fueron plantados en 1998, a 6 x 4m de distanciamiento en un terreno plano después de la caída de un albardón, con zanjas cada 80 m aproximadamente; se anegó (por lluvia) parte del monte en pocas oportunidades con no más de una semana de estancamiento de agua y no más de 15-20 cm de altura de agua sobre el terreno. Se le hizo poda de formación al año, poda en altura a los 4 – 7 años de edad.

Las vigas fueron cepilladas en todas sus caras y almacenadas en cámara de estabilizado en condiciones controladas de 65% humedad y 20º temperatura.

Sobre cada uno de las muestras se efectuaron las siguientes acciones, de acuerdo a normativa que se detalla:

- a) Relevamiento de las características geométricas de la probeta según UNE-EN 408:2011 [1]
- b) Relevamiento, medición y clasificación de singularidades, según UNE-EN 1310:1997 [2]
- c) Determinación de la densidad y de la humedad en cada una de las probetas según UNE-EN 384:2010 [3] y UNE-EN 13183-1:2002 [4]
- d) Determinación del módulo de elasticidad dinámico usando equipo de ultrasonido modelo Fakopp Microsecond Timer. Se efectuaron para cada viga tres mediciones entre caras con disposición centrada del sensor. El valor del Módulo de Elasticidad dinámico se calcula aplicando las siguientes fórmulas:

FÓRMULAS	PARÁMETROS	UNIDADES
$v = l / t$ $MOE_{\text{dinámico}} = \rho \cdot v^2$	v: Velocidad	m/seg
	l: Longitud de la pieza	m
	t: Tiempo	seg
	MOE dinámico	Mpa
	$\rho$ : Densidad de la madera	Kg/m <sup>3</sup>



- e) Determinación del módulo de elasticidad Dinámico por medición de la frecuencia de vibración FFT Analyzer. Para esto se utilizó una PC con el correspondiente software y un micrófono. Se impacta con un martillo en un extremo de la viga para producir la vibración de la misma, que es captada en el otro extremo mediante un micrófono. Se analiza la principal frecuencia de vibración del sonido, la cual se utiliza para calcular el MOE. La fórmula de cálculo es la siguiente:

FÓRMULA	PARÁMETROS	UNIDADES
$MOE_{\text{dinámico}} = (4 \cdot l^2 \cdot f^2 \cdot \rho) / g$	MOE dinámico	Mpa
	l: longitud de la pieza	m
	f: frecuencia de vibración	Hertz
	$\rho$ : Densidad de la madera	Kg/m <sup>3</sup>
	g : aceleración gravitacional	m/s <sup>2</sup>



- f) Ensayo de flexión de cada viga y determinación de propiedades mecánicas según UNE-EN 408:2011 [1]

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tabla 2 presenta los valores obtenidos de MOE, analizadas estadísticamente:

**Tabla 2. Resumen de valores de MOE Dinámico obtenidos mediante ensayos destructivos y no destructivos**

	E. GLOBAL (Eg)	E. LOCAL (EI)	ULTRASONIDO (Eu)	VIBRACION (Ev)
<b>PROMEDIO (Nw/mm<sup>2</sup>)</b>	8.829,13	9.493,51	9.585,76	9.321,78
<b>MAX (Nw/mm<sup>2</sup>)</b>	12.264,74	14.009,74	12.651,65	17.801,83
<b>MIN (Nw/mm<sup>2</sup>)</b>	6.897,38	6.936,37	7.763,82	5.049,08
<b>PERCENTIL 5%</b>	7.672,11	7.357,36	8.092,96	7.627,31
<b>DESVÍO</b>	1.056,44	1.429,16	1.132,43	2.167,85
<b>COV</b>	0,12	0,15	0,12	0,23
<b>CANTIDAD</b>	47,00	47,00	47,00	47,00

Para el análisis y comparación se calcularon las diferencias entre valores, en porcentaje (ver Tabla 3 y 4).

Al momento de los ensayos, tanto experimentales como no destructivos, las probetas se encontraban con el mismo tenor de humedad variando entre el 12% y 13%.

**Tabla 3. Comparación de ensayos no destructivos con el MOE Global**

	LOCAL (EI) (EI-Eg)/Eg	ULTRASONIDOS (Eu) (Eu-Eg)/Eg	VIBRACIONES (Ev) (Ev-Eg)/Eg
<b>PROMEDIO</b>	7,52%	8,57%	5,58%

**Tabla 4. Comparación de ensayos no destructivos con MOE Local**

	GLOBAL (Eg)	ULTRASONIDOS (Eu)	VIBRACIONES (Ev)
	(Eg-EI)/EI	(Eu-EI)/EI	(Ev-EI)/EI
<b>PROMEDIO</b>	-7,00%	0,97%	-1,81%

Se observó que el valor del MOE local resulta mayor que el global en un 7,52%.

Se observa que el valor del MOE calculado por ultrasonido, presenta una variación del 8,57% con respecto al MOE global y un 0,97% con respecto al local, ambos obtenidos por métodos experimentales (ver Tablas 3 y 4).

Por otro lado, el valor del MOE calculado por vibraciones, presenta una variación del 5,58% con respecto al MOE global y un 1,81% con respecto al local, ambos obtenidos por métodos experimentales (ver Tablas 3 y 4).

### CONCLUSIONES

Ambos métodos ofrecieron resultados más aproximados al MOE local, con una diferencia menor al 2%, mientras que con respecto al MOE global esta variación alcanza el 8,57%.

Los valores del MOE global y local difieren entre sí en menos de un 8%, valor esperable para la influencia del corte en la deformación total.

El cálculo por el método de vibraciones arrojó valores más aproximados a los obtenidos por ensayos destructivos, que por el método de ultrasonido.

### REFERENCIAS

[1] Norma UNE-EN 408 (2011). *Estructuras de madera. Madera aserrada y madera laminada encolada para uso estructural. Determinación de algunas propiedades físicas y mecánicas.*

[2] Norma UNE-EN 1310 (1997). *Madera aserrada y madera en rollo. Método de medida de las singularidades.*

[3] Norma UNE-EN 384 (2010). *Madera estructural. Determinación de los valores característicos de las propiedades mecánicas y la densidad.*

[4] Norma UNE-EN 13183-1 (2002). *Contenido de humedad de una pieza de madera aserrada. Parte 1: Determinación por el método de secado en estufa.*