

Desarrollo de una máquina clasificadora de elementos estructurales de madera

Juan B. Tuk D.*

INTRODUCCION**

La industria de los productos forestales, durante este siglo XX, ha alcanzado un nivel de desarrollo sorprendente. Algunas personas aún se niegan a conocer e inclusive a creer en el desarrollo de máquinas que permiten predecir la resistencia de un elemento estructural sin alterar sus propiedades iniciales.

Como consecuencia de la necesidad de inspeccionar uno a uno elementos estructurales críticos (aquellos que deben soportar las cargas con gran confiabilidad y gracias al avance en la estadística y la electrónica, ha sido posible desarrollar esta tecnología.

Por ejemplo, considérese una vigueta de un entrepiso. Si esta vigueta es más débil que el resto de las viguetas que soportan el piso, entonces ocurrirá una redistribución de cargas donde las viguetas próximas tomarán las cargas que esta deja de llevar. Posiblemente el hecho pasará desapercibido o no será motivo de preocupación.

Ahora, considérese un poste de electricidad o el crucero que soporta un remate de línea. En este caso si la pieza es más débil de lo debido, por razones de la naturaleza de la madera, su falla será catastrófica. Lo mismo sucede con un elemento sujeto a tensión en un puente, o una pieza de un mueble esbelto.

Existen varias técnicas para la detección de

piezas débiles o con defectos. Entre los principales métodos tenemos: elásticos, ondas de choque, absorción de rayos X, sónicos y vibratorios. Cada uno de ellos tiene ventajas y desventajas pero cada uno se adapta a ciertas necesidades específicas o condiciones de trabajo.

En este estudio nos referimos en detalle a los métodos elásticos. Los métodos vibratorios, etc. requieren de equipo de medición más sofisticado y al mismo tiempo más caro. Detalle de los otros métodos pueden consultarse en el resumen de la Conferencia sobre "Introducción a los Métodos no Destructivos Aplicados a la Investigación de la Madera".***

DESCRIPCION DEL SISTEMA

Se ha observado en experimentos realizados con madera sometida a flexión que existe una correlación entre el módulo elástico "E" y el módulo de ruptura "MR".

Esta correlación que se observó primero en ensayos de muestras tipo ASTM D: 143, se comprobó posteriormente en experimentos realizados con madera de tamaño comercial 5 x 10, 5 x 15 cms., etc.

La Tabla 1 muestra un resumen de piezas ensayadas en E.U.A. donde se puede apreciar el alto grado de correlación lineal que existe en todos los grados de calidad y en varias especies.

* Ingeniero Civil y Máster en el área de Tecnología de Maderas. Director del Centro de Investigación de Ingeniería en Maderas del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

** Este trabajo se realizó gracias a la colaboración de la Empresa Maderas Preservadas JABSA de Santa Rita de San Carlos.

*** Copia de este artículo puede obtenerse en el Centro de Investigación de Ingeniería en Maderas —CIIM—.

El método de prueba elástico consiste en introducir un momento flexionante pequeño y medir el módulo elástico de la pieza. La madera, vale la pena recordar, es un material que sigue la ley de Young y es absolutamente elástica aún a altos niveles de deformación.

Existen dos opciones para la obtención del módulo elástico:

- 1 Fijar una carga para producir la curva elástica y medir la deflexión, lo que requiere de un transductor de deformación únicamente. La carga se aplica en forma constante a todos los elementos que se examinan por medio de un siste-

ma neumático, hidráulico o de carga muerta.

- 2 Introducir a la viga una curva elástica fija y medir la presión necesaria para producirla. Este sistema es más caro ya que requiere de una celda de carga y un sistema de rodillos que produzca la deformación deseada.

Por las anteriores consideraciones y tomando en cuenta que desde el punto de vista de la exactitud, no existe diferencia entre la opción A o la B, es más ventajoso fijar la carga y medir la deflexión.

TABLA No. 1 RESUMEN DE LA CORRELACION ENTRE E Y MR EN VARIAS ESPECIES DE MADERA, E.U.A. ⁽¹⁾

ESPECIE	CONSTANTE DE REGRESION ⁽²⁾		r^2	GRADO ⁽³⁾	PIEZAS ENSAYADAS
	A	B			
Douglas fir	.00596	.3770	.68	DSS,SS,DC,C,S	200
Douglas fir	.00522	.2625	.85	SS,C,U	80
Western Hemlock	.00658	.3140	.87	SS,C,U	881
Western Hemlock	.00610	.6030	.85	SS,C,U	81
Jack Pine	.00437	.791	.73	—	109
Lodgepole Pine	.00500	.2310	.80	—	120

(1) Ver referencia No. 2

(2) Ecuación de regresión: $y = Ax + B$
Coeficiente de correlación = r^2

(3) Clasificación:

DSS = Denso selecto estructural
SS = Selecto estructural
DC = Construcción denso
C = Construcción
S = Estándar
U = Utilidad

ECUACIONES DE REGRESION PARA MADERAS COSTARRICENSES EN CRUCEROS DE ELECTRIFICACION.

Los cruceros que se usan en los postes de electrificación son piezas horizontales que soportan el peso de los cables y los aisladores, así como la fuer-

za que el viento ejerce sobre los cables. Los cruceros son elementos estructurales críticos y su reemplazo es bastante caro.

El Centro de Investigación de Ingeniería en Maderas comenzó a analizar la posibilidad de diseñar y construir una máquina clasificadora por métodos elásticos cuya aplicación inmediata será la inspección de cruceros.

Para evaluar la efectividad del sistema se pasó a determinar los coeficientes de correlación entre el módulo elástico y el módulo de ruptura. La máquina se basa fundamentalmente en la correlación de estos dos parámetros y su éxito depende de la bondad en que a través de una relación funcional el módulo de ruptura pueda ser predicho por el módulo de elasticidad.

Para esto se construyó una viga de soporte de

madera laminada encolada que permite probar elementos a flexión de hasta 350 centímetros de longitud en la Prensa Universal de Ensayos.

La Figura No. 1 muestra una vista general de un crucero sometido a flexión. Puede verse al centro un extensómetro electrónico que transmite la señal de deflexión al graficador.

El material empleado para este estudio se obtuvo de entregas de cruceros por parte de la Empresa Maderas Preservadas JABSA al Instituto Costarricense de Electricidad.

Se midió la sección transversal, incluyendo los huecos y los rebajos de las aristas de las piezas. Se determinó el módulo de elasticidad, el módulo de ruptura y la densidad de cada uno de los cruceros.

La carga se aplicó en dos puntos distribuidos a igual distancia de los apoyos, simulando las condiciones de servicio del crucero.

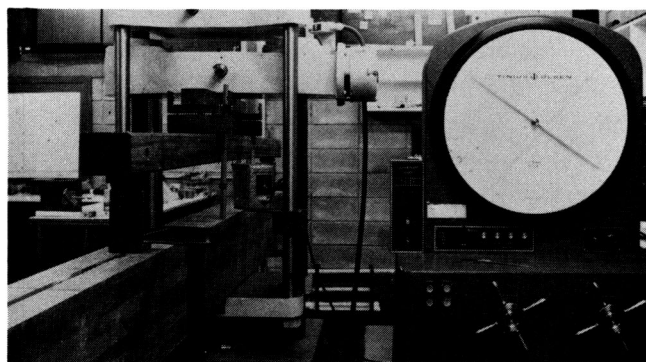


FIGURA No. 1: Vista general de un crucero sometido a flexión en la Prensa Universal de Ensayos. Foto: J. Tuk.

La Figura No. 2 muestra un detalle del apoyo en el extremo del crucero, nótese la posición del hueco donde se sujetan los aisladores y herrajes.

Estos elementos estructurales presentan, en su sección transversal, varias perforaciones y en algunos tramos las esquinas han sido rebajadas, con lo cual su sección transversal posee momentos de inercia variables. Debido a estas características la utilización de la Máquina Clasificadora adquiere mayor atractivo.

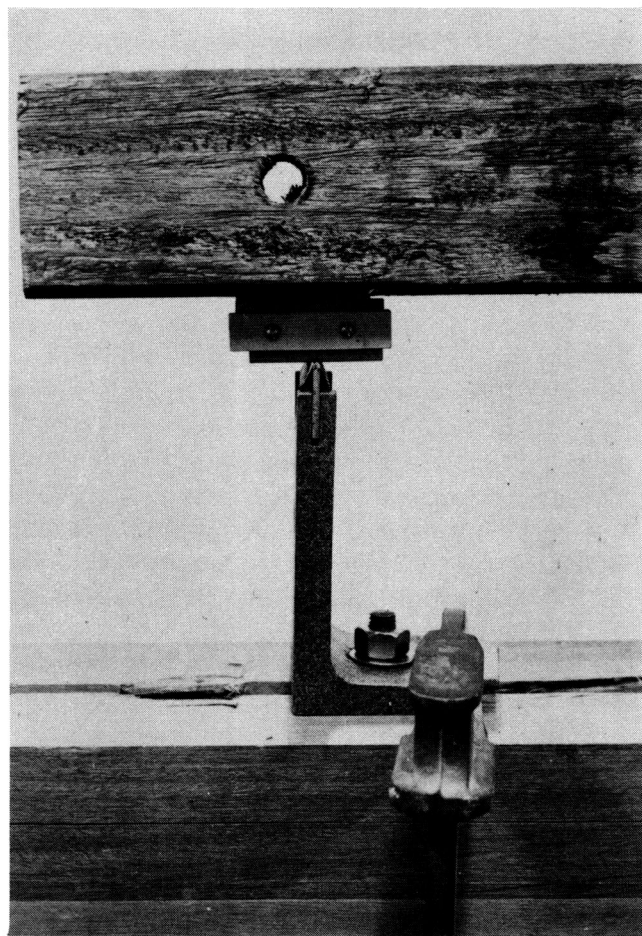


FIGURA No. 2: Detalle del apoyo de un crucero simulando condiciones de servicio.

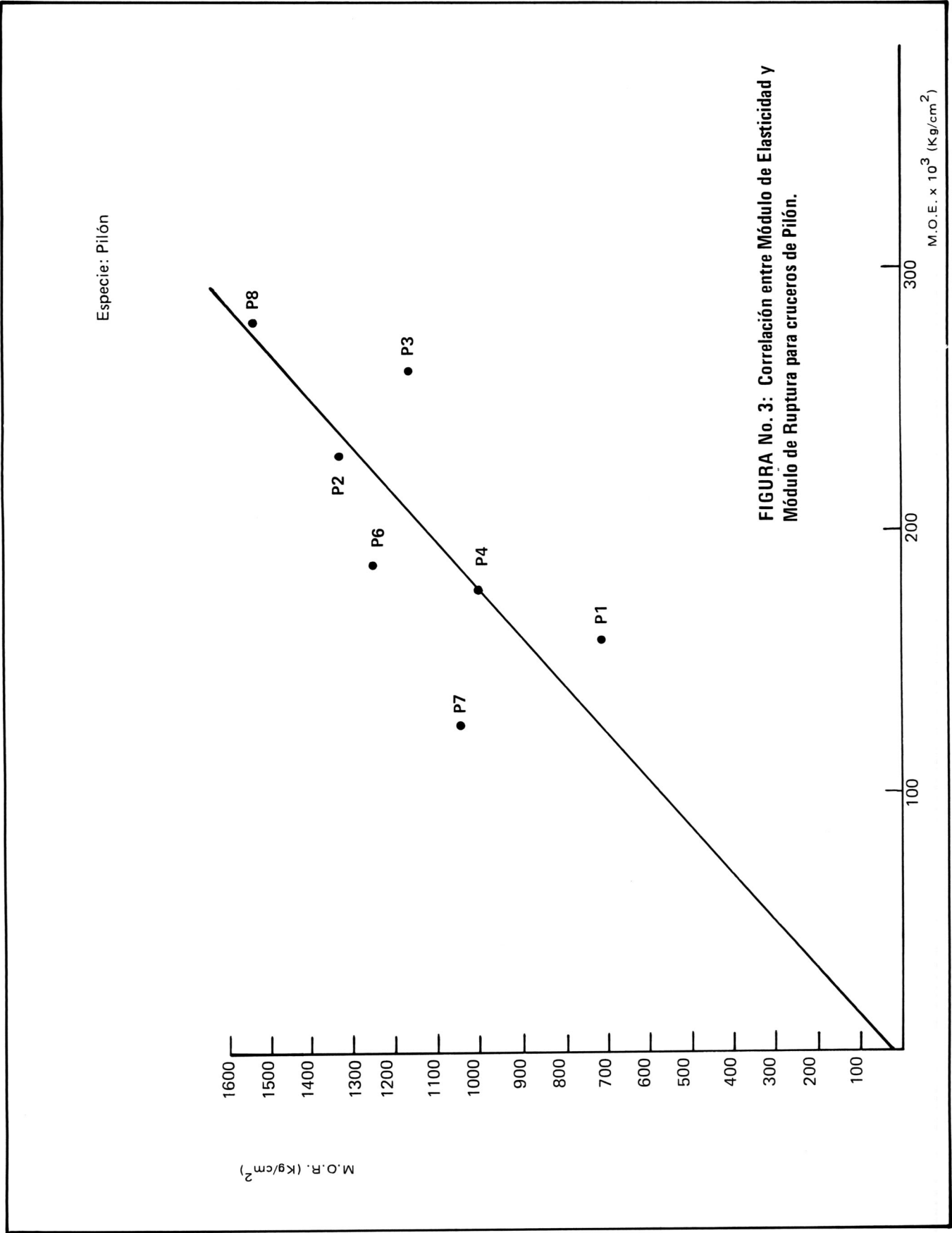
Los resultados obtenidos en el ensayo a flexión produjeron los valores experimentales necesarios para estimar las curvas de correlación. Se emplearon cruceros terminados y preservados con pentaclorofenol, hechos con madera de Fruta Dorada (*Virola koschnyi*) y Pilón (*Hieronyma alchorneoides*).

Los resultados de correlación se muestran en la Figura No. 3 para Pilón. Las constantes de correlación fueron:

$$A = 0.00259 \quad B = 602.9 \quad r^2 = 0.6$$

Los resultados para Fruta Dorada aparecen en la Figura No. 4, para la cual los contrastes fueron:

$$\begin{aligned} A &= 0.00370 \\ B &= -139.8 \\ r^2 &= 0.89 \end{aligned}$$



Especie: Fruta Dorada

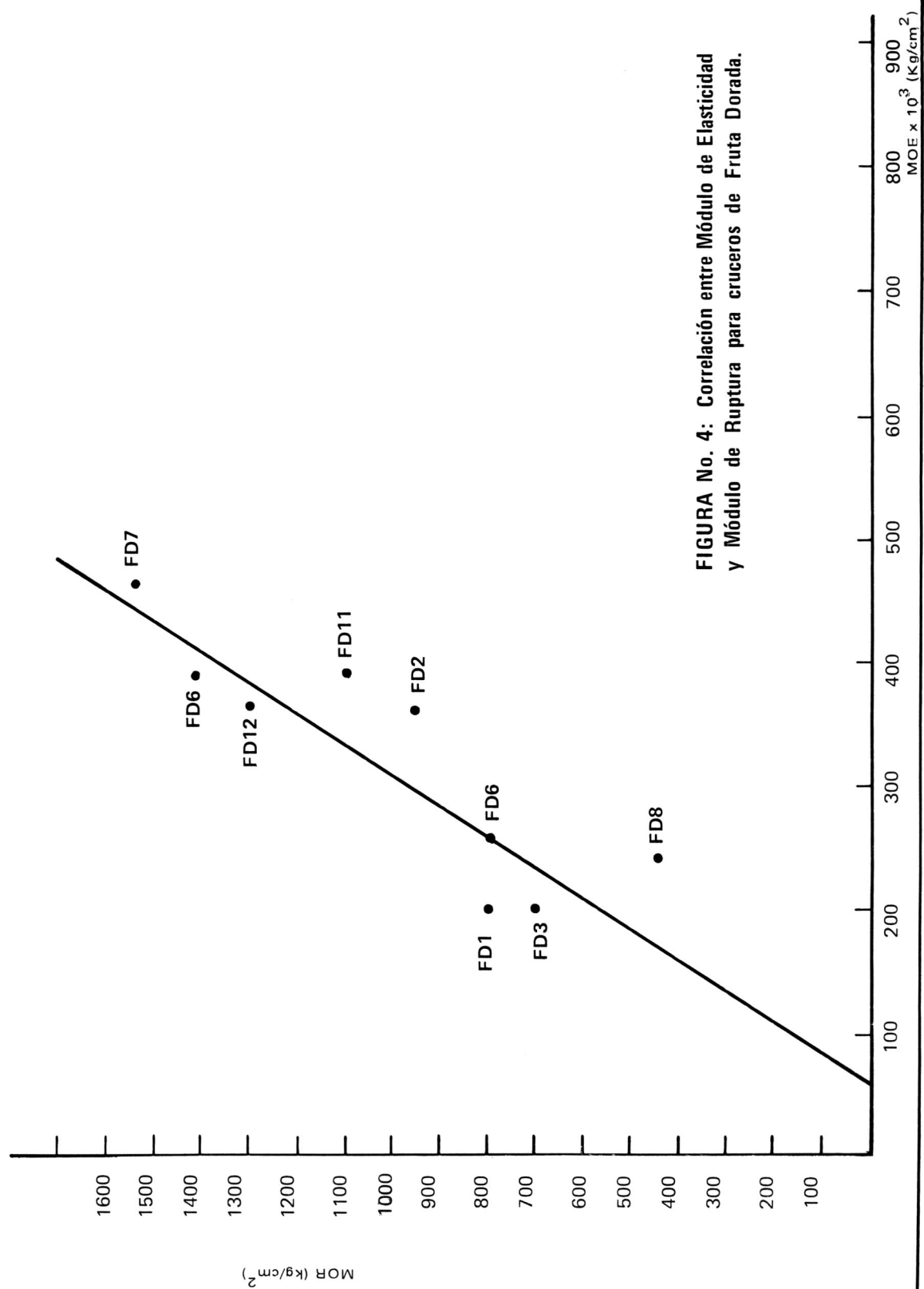


FIGURA No. 4: Correlación entre Módulo de Elasticidad y Módulo de Ruptura para cruceros de Fruta Dorada.

CONCLUSIONES

- 1 Como ha sido explicado, la máquina clasificadora de madera por métodos elásticos es técnicamente factible de desarrollar en Costa Rica.
- 2 Se recomienda hacer un estudio de mercado para esta máquina, no sólo a nivel nacional, sino en el mercado centroamericano.
- 3 Los resultados de correlación son sumamente exitosos, por lo cual, no se anticipan problemas de correlación, asegurándose el éxito de la máquina.
- 4 La máquina será simple, con sistema de carga manual, operable con 110 voltios y un compresor.

El microprocesador es económico, la entrada de los constantes de correlación será manual. Se recomienda instalar microsuiches para detección de las dimensiones de cada pieza.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

1. USDA. **Wood Handbook**. Forest Products Research Laboratory, 1974.
2. Proceedings of the Second Symposium on the Non Destructive Testing of Wood. Washington: Washington State University, 1965.
3. Hoyle R.J. "A non destructive test for Stiffness." **Forest Products Journal**. Vol. 11, 251-254, 1961.
4. Hoyle, R.J. "Background to Machine Stress Grading". **Forest Products Journal**. Vol. 18, No. 4.
5. Mc Kean, H. and R. Hoyle. "Stress grading method for dimension lumber". **Symposium on Timber**. ASTM Special Tech. Pub. No. 353. Philadelphia: ASTM, 1962.
6. Tuk, J. **Notas del Curso Lumber Grading**. Washington: Washington State University, 1977.

Nota aclaratoria

Por omisión involuntaria la Dirección no consignó como co-autor al Señor Roy Rodríguez Lizano en el artículo "Tableros de virutas aglomeradas con cemento Portland" aparecido en el V. 2 No. 2 julio-setiembre 1979.

