

APLICACIÓN DE LA RADIACIÓN GAMMA EN LA DETECCIÓN DE NUDOS EN PIEZAS DE MADERA DE *Pinus radiata* (D.DON)

José T. Karsulovic¹; Adolfo León¹; Roberto Morales²; Maria I Dinator²

INTRODUCCIÓN

Cuando un haz de fotones incide sobre un material, es posible que una fracción sea absorbida por éste y el resto lo atraviese sin perturbarse. La absorción depende de la probabilidad de ocurrencia de la interacción del fotón con la materia, por medio de alguno de tres procesos independientes: Compton, fotoeléctrico y formación de pares. La intensidad del haz después de atravesar un material de espesor x está dada por:

$$I(x) = I_0 e^{-(\mu_p p(x))}$$

en que I_0 es la intensidad de la radiación incidente, μ_p es el coeficiente de atenuación másico, p es la densidad del material, x es el espesor del material. Mediciones de μ_p se han realizado para una gran variedad de materiales puros, con fotones de distintas energías y en menor cantidad en materiales mixtos. Con estas

mediciones y aproximaciones teóricas se han conformado tablas y programas para facilitar las estimaciones de absorción o de transmisión (Mayer y Rimini, 1977; Hubell, 1982). El producto del coeficiente másico por la densidad, se define como el coeficiente de atenuación lineal, μ . Si se trata de un material cuya composición es constante, entonces el coeficiente de atenuación lineal determinado en una zona, es proporcional con la densidad del material en esa región. Por ello, resulta un buen indicador de la estructura interna del material. Basado en este principio, se desarrolla el presente trabajo en que interesa localizar defectos internos en productos industriales de madera, como es el caso de nudos en piezas de pino radiata .

Debido a la necesidad cada vez más creciente de un aprovechamiento eficiente de la madera y de sus procesos de elaboración, se han desarrollado una serie de técnicas que tienden hacia ese objetivo.

¹ Departamento de tecnología de la madera. Facultad de Cs agrarias y Forestales. Universidad de Chile. Casilla9206 Santiago

² Departamento de Física. Facultad de Ciencias. Universidad de Chile. Casilla 653. Santiago

Dos son los problemas que deben ser resueltos, uno referente a la clasificación de la madera para su comercialización de acuerdo a los usos requeridos y el otro, disponer de sistemas que permitan maximizar el rendimiento de materia prima madera, a velocidad de producción, en sus diferentes procesos de elaboración.

Las operaciones de clasificación de la madera y detección de sus defectos están íntimamente relacionadas, ambas convergen hacia un objetivo común, y existiendo diferentes metodologías que combinan técnicas de clasificación con las de detección de defectos.

Las técnicas de detección de defectos además de permitir complementar metodologías de clasificación por resistencia de la madera aserrada, permiten entregar información para establecer sistemas de control de calidad para la toma de decisiones en procesos de corte (Kiovo y Kim, 1989; Biernacki y Beail, 1993). En general los métodos más eficientes son aquellos que no sólo son sensibles a los cambios de calidad de la superficie del material sino a la vez, a la presencia de anomalías internas (Benson-Cooper et al, 1982).

La localización de defectos internos en productos de madera requieren de técnicas que penetren la superficie, como es el caso de la radiación gamma. En efecto, sobre la base de la medición de la intensidad de la radiación transmitida a través del material, toda anomalía que implique cambios localizados de densidad es factible de ser detectados. Además, es posible establecer la zona de transición entre el material nudo y la madera normal, zona que se a denominado "zona de influencia de la singularidad" y que por lo general no puede ser definida con precisión por simple inspección visual. Así, esta información es relevante en la clasificación y detección de defectos.

MÉTODO EXPERIMENTAL

El método que se ha ensayado para localizar diferentes tipos de nudos en madera aserrada de *Pinus radiata* (D. Don), se basa en el hecho que en ellos su densidad es distinta a la de la zona que rodea la singularidad (Chazelas et al, 1982). Consecuentemente, se ha diseñado un sistema experimental que permite determinar el coeficiente de atenuación lineal en cualquier región de un trozo de madera aserrada, utilizando una fuente radioactiva monoenergética.

En esta fase preliminar del estudio, se comprobó el método analizando en tres probetas de dimensiones aproximadas de 20 cm. de longitud y de 45 x 90 mm² de sección transversal con nudos ubicados en la mitad de su longitud. Estos nudos presentan las siguientes características: a) nudo muerto de 20 mm de diámetro, ubicado desde el borde de cara al canto de la pieza; con una inclinación de 38 o medido en el plano transversal; b) nudo vivo de 40 mm pasante de cara a cara en dirección normal a ésta y c) nudo vivo de 60 mm pasante de cara a cara con una incinación de aproximadamente 45 o, medido en plano longitudinal o paralelo al canto.

Las probetas se irradiaron con fotones de 59.5 KeV emitidos por una fuente de Am 241 de 14 mCi de intensidad, proporcionada por Amershan Internacional. El sistema espectroscopico se diseño de manera que el blanco fuese atravesado por un fino haz de fotones. La fuente radioactiva se encapsuló en un blindaje de plomo que permite el uso de diferentes colimadores. El haz llega a un detector centellador de 2" x 2" de NaI(Tl) con blindaje calculado para reducir al mínimo la radiación de fondo. El canal de admisión de fotones también permite variar su diámetro. Inicialmente, la alineación de ambas colimaciones fue ajustada con un láser. En estas mediciones se utilizaron colimadores de 3 mm de diámetro.

La estabilidad del sistema electrónico se determinó midiendo la intensidad del haz no atenuado, obteniendo una fluctuación promedio de 0,6% en cinco horas. Este resultado permite establecer que diferencias mayores de 1 % son exclusivamente debidas a fluctuaciones en la estructura interna de la madera.

El haz de fotones se hizo incidir perpendicularmente a la cara de la muestra siguiendo una trayectoria longitudinal sobre el nudo en pasos sucesivos de 5 y 10 mm, examinando el nudo y zonas adyacentes. En cada punto se midió la cantidad de fotones de 59,5 KeV que llegaban al detector en un cierto intervalo de tiempo. Este valor se comparó con el obtenido en ausencia del blanco, corrigiendo por la diferente atenuación en el aire.

Los valores puntuales del coeficiente de atenuación lineal en función de la posición a lo largo del eje y, longitudinal, se obtienen a partir de la expresión:

$$\mu(y) = 1/x \ln [I_0 / I(y)]$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación del método en la forma descrita antes, ha permitido registrar variaciones del coeficiente de atenuación lineal netamente asociadas a la presencia de singularidades. El estudio de una pieza uniforme, sin nudo, muestra valores del coeficiente con una desviación estándar de tan sólo 2%.

En la Figura N° 1, se muestra un gráfico del coeficiente de atenuación lineal determinado en distintos puntos de la probeta denominada NST3P3, con un nudo de características tipo (a), en desplazamientos efectuados a lo largo del canto y de la cara del trozo. Se puede observar claramente una importante atenuación en la parte central de la singularidad, medida tanto en la cara como en el canto, que va desde 15% a 22% respectivamente, en relación al valor de la

de la absorción fuera de la zona nudosa. Se acompaña a los resultados una fotografía de la probeta en que se puede apreciar, al superponerlo con el perfil de atenuación, la zona de transición desde el nudo a la madera normal.

Dadas las características morfológicas del nudo en sí mismo y del material que lo rodea, la zona de transición o zona de influencia depende tanto del tipo como del tamaño del nudo. Para el caso que se analiza se constató que la influencia del nudo se extiende en la cara a una longitud igual a 3 veces la dimensión del nudo; en el caso del canto de la pieza esta zona aparece levemente más extendida. Debido a una pequeña inclinación del nudo respecto a un plano paralelo al canto de la muestra.

En la figura N° 2. se muestran los resultados obtenidos en la exploración de una probeta sin nudo y en aquellas con nudos de tipo (b) y (c).

CONCLUSIONES

A través de la medición de la atenuación de la radiación gamma es posible obtener perfiles de absorción que evidencian la existencia de nudos en la madera o cualquier otra singularidad que involucre cambios de densidad en el material. Así mismo es factible delimitar la zona de transición que existe entre el material nudo y la madera normal.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el financiamiento otorgado por FONDECYT a través del Proyecto N° 1 940396 y al Departamento Técnico de Investigación de la Universidad de Chile.

LITERATURA CITADA

Benson-Cooper et al. 1982. Computed tomographic scanning for detection of defects logs. New Zealand. Forestry Service. Fri Bulletin N° 8.

- Biernacki, J.; Beail, F. 1993. Development of an acoustic ultrasonic scanning system for nondestructive evaluation of wood and wood laminated. *Wood and Fiber Science*. Vol.25, N° 30:289-297.
- Chazelas, J.; Vergner, A. y Bucur, V. 1988. Analyse de la variation des propriétés physiques et mécaniques locales du bois autour des noeuds. Actes du Colloque "Mécanique du Bois". G.S. Rheologie du bois. Bordeaux. pp. 376-386.
- Hubbell, J. 1982. Photon Mass Attenuation and Energy-absorption Coefficients from 1 keV to 20MeV. *Int. J. Appl. Radiat. Isot.* Vol. 33. pp. 1269-1290.
- Karsulovic, J.; León, L. 1989. Clasificación de madera estructural por medio de propagación de ondas de esfuerzo generadas mediante pulso acústico. X Conferencia InterAmericana en Tecnología de los Materiales. San Antonio Texas. USA. Vol 11. pp.13-18.
- Koivo, A.; Kim, C.W. 1989. Automatic classification of surface defects on red darboards. *Forest Products Journal*. Vol. 39, N° 9:22-30.
- Mayer, J. W. and Rimíni, E. (ed) 1977. *Ion Beam Handbook for Material Analysis*. Academic Press.

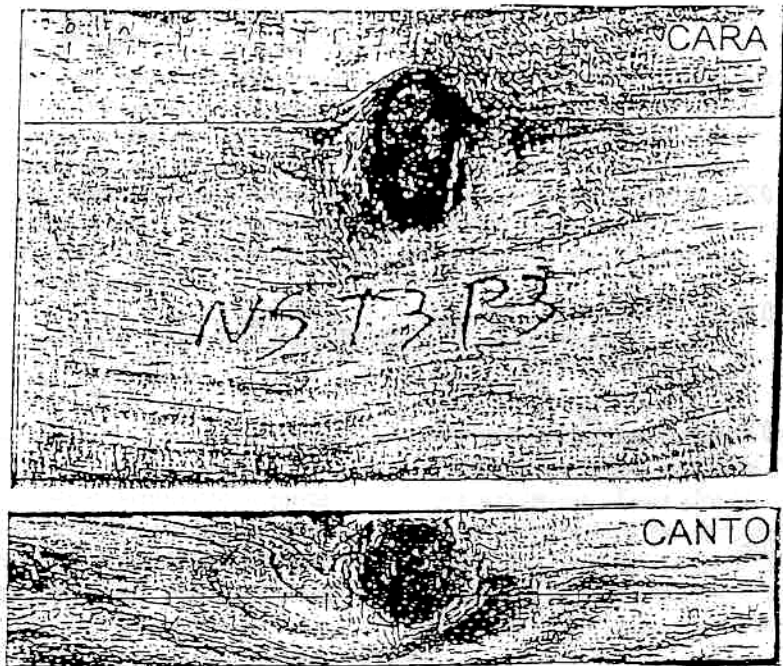
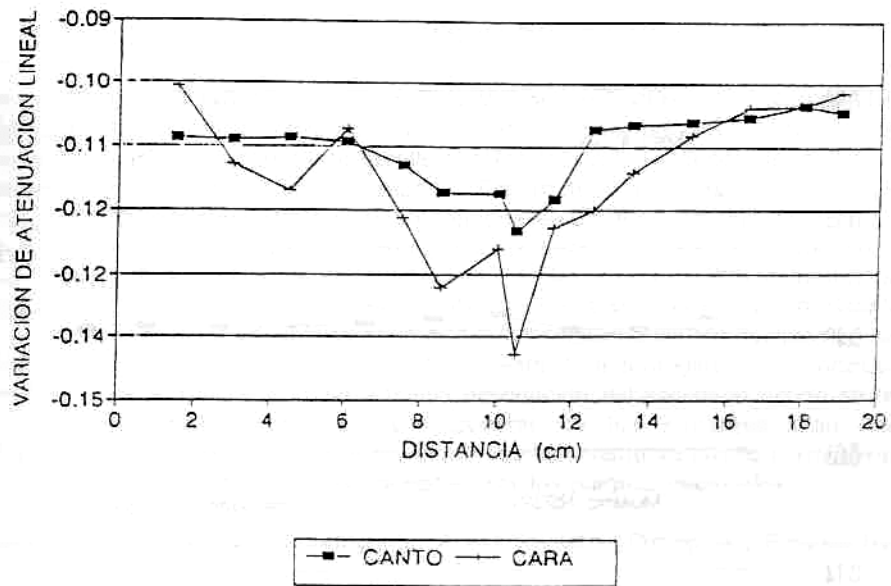


FIGURA 1. Zona de influencia del nudo. Muestra NST3P3

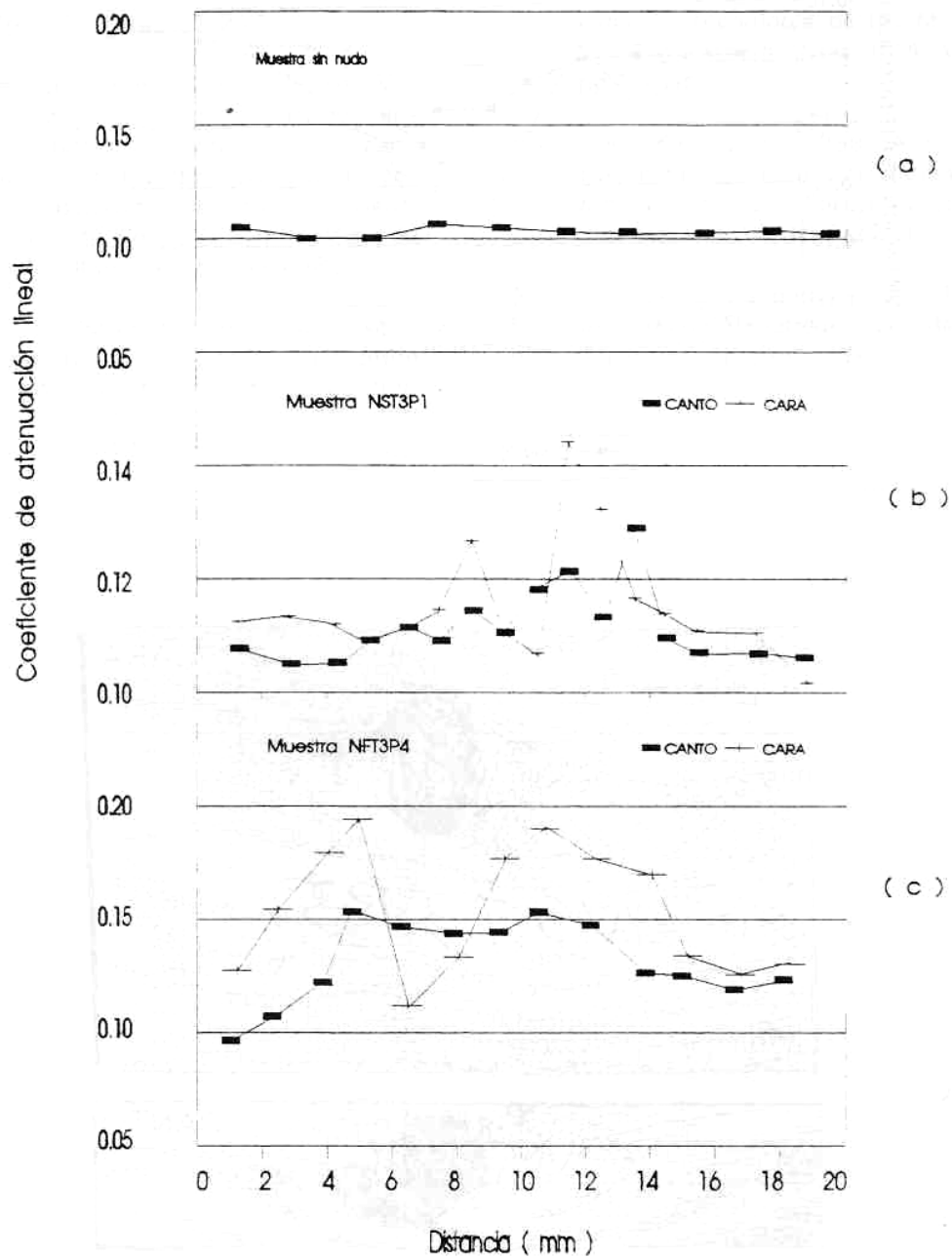


FIGURA 2. (a) Muestra sin nudo; (b) Muestra NST3P1; (c) Muestra NFT3P4