

# INFLUENCIA DE LA POSICIÓN RADIAL SOBRE LAS DEFORMACIONES DE LA MADERA ASERRADA DE *PINUS CARIBAEA* MORELET VAR. *CARIBAEA*

LIC. INÉS GONZÁLEZ CRUZ, DR. ARNALDO DÍAZ Y DR. DANIEL ÁLVAREZ LAZO

Universidad de Pinar del Río. Calle Martí 270 esq. a 27 de Noviembre, Pinar del Río, Cuba, ines@geo.upr.edu.cu, arnaldo@af.upr.edu.cu, daniel@af.upr.edu.cu

---

## RESUMEN

Conocer acerca del comportamiento de las deformaciones en la madera aserrada es de gran importancia porque permite establecer los procedimientos que en el proceso tecnológico de la madera minimicen estas deformaciones. El trabajo que se presenta es el resultado de un estudio que se realizó de las deformaciones (alabeo, curvatura de cara y curvatura de canto) de la madera aserrada de *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea*, en diferentes posiciones, en la dirección médula-corteza, o sea, en la dirección radial de la troza, tomando en cada posición una muestra de 150 piezas de dimensiones 13 x 100 x 3000 mm y 150 de dimensiones 75 x 100 x 3000 mm, expuestas al proceso de secado natural durante un periodo de 90 días. Como resultado de este estudio se obtuvo que la deformación experimentada en las piezas de diferentes dimensiones es diferente para las distintas posiciones: las piezas tomadas en la posición más próxima a la médula presentan mayores deformaciones que aquellas que se tomaron cerca de la corteza, y las de mayor dimensión experimentan menor deformación.

Palabras claves: *Pinus caribaea*, posición radial de aserrado, secado natural, defectos, calidad de las piezas

## ABSTRACT

The knowledge of the behaviour of these timber deformations is of great importance because it allows establishing procedures that contribute to minimize them in the technological process of the wood sawn. The present work is the result of an experimental study about the deformation (twist) of sawn wood of the *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* in the radial direction. Pieces of different linear dimensions, boards (13 x 100 x 3000 mm) and planks (75 x 100 x 3000 mm) which were exposed to a natural drying process during 90 days, were observed that the deformation (twist angle) is larger for those pieces close to the core, exhibiting monotonic increased defects when it is taken samples from the crust to the core, inverse to the positive radial direction, being this effect larger the smaller is the cross section of the pieces for each studied position (larger in boards than in planks).

Key words: *Pinus caribaea*, natural drying, position radial of sawing, wood defect, timber quality

## INTRODUCCIÓN

La madera de la especie *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* es un producto que aún con el desarrollo alcanzado en la época contemporánea sigue siendo muy apreciado, no solo por sus características que la hacen insustituible para algunos usos, sino también por su carácter multipropósito y que se obtiene de fuentes de materia prima renovables.

Durante los procesos de primera transformación de la madera, y con posterioridad a su aserrado, se producen pérdidas de material debidas a deformaciones excesivas, que se ponen de manifiesto, sobre todo, a consecuencia de los cambios de humedad a que son expuestos durante el secado del material, lo cual implica la contracción anisotrópica de la madera [Pang, 2002]. Se consideran como causas del mayor número de piezas deformadas en los lotes de madera, la edad de las trozas y calidad del sitio.

En cualquier caso el conocimiento de los factores que producen deformaciones dentro de una partida de madera de la misma especie y procedencia puede ayudar a una selección adecuada del material antes de su aserrado y secado para optimizar la utilización de cada troza recibida en el aserrío [Ormarsson *et al.*, 2000].

En el presente trabajo, y tomando como material de estudio la madera aserrada de *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea*, se analizan las deformaciones (alabeo, curvatura de cara y curvatura de canto) en dependencia de la posición radial de las mues-

tras del aserrado radial durante el proceso de secado.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el aserradero Álvaro Barba, perteneciente a la empresa forestal integral Pinar del Río, localizado en la carretera a San Juan y Martínez en la provincia de Pinar del Río. Se tomaron 300 trozas de un mismo sitio y de la misma edad; de ellas se obtuvieron 900 muestras de diferentes posiciones en la dirección radial, es decir, en la dirección médula-corteza.

Las muestras se tomaron de diferentes dimensiones: 13 x 100 x 3000 mm y 75 x 100 x 3000 mm, y fueron codificadas como A, B y C. Las piezas tipo A son las obtenidas en la troza de la posición más próxima a la médula; las B, de la zona media entre la médula y la corteza; y las piezas del tipo C son las que se obtuvieron de la parte de la troza más cerca de la corteza (*Fig. 1*). Todas las piezas se expusieron al proceso de secado al aire libre durante 90 días.

Se adoptó el método de secado natural bajo techo. Las piezas con las cuales se hicieron las pilas inicialmente tenían el mismo contenido de humedad, así como el mismo espesor.

Para hacer la valoración estadística de los resultados fue utilizado el software SPSS 10.0, y se realizó el análisis de varianza (con un nivel de significación de 5%).

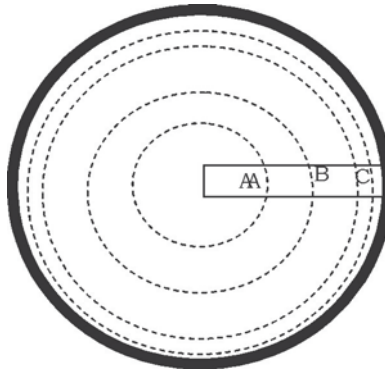


Fig. 1. Esquema de la toma de muestras para el estudio.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comportamiento de las deformaciones en las piezas de dimensiones de 13 x 100 x 3000 mm.

A las piezas de madera, y después de expuesta al proceso de secado duran-

te 90 días, se les realizaron mediciones del alabeo, curvatura de cara y curvatura de canto. Los valores medios de estas variables aparecen en la *Tabla 1*.

**TABLA 1**  
**Valores medios de las deformaciones en tablones. Análisis de varianza**

Posición radial	Alabeo (mm)	Curvatura de cara (mm)	Curvatura de canto (mm)
A	0,57308a	0,306a	0,213a
B	0,53116b	0,2510b	0,151b
C	0,48423c	0,225c	0,101c

Resultados con la misma letra, no existe diferencia significativa entre ellas para  $p = 0,05$  según SNK.

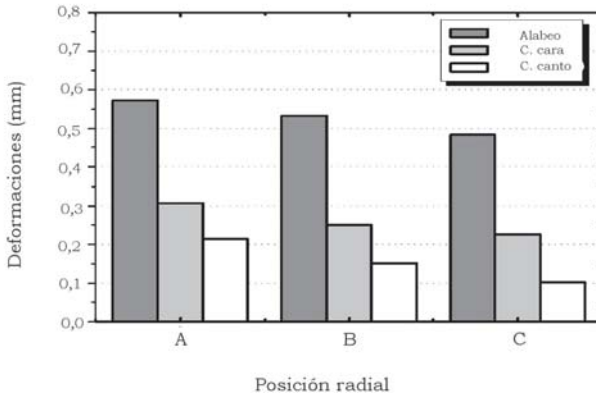


Fig. 2. Comportamiento de los valores medios de las deformaciones (tablas) en las diferentes posiciones en la dirección radial.

Los resultados que se muestran en la *Tabla 1* dan que el mayor nivel de deformación experimentada es el alabeo, el cual, según Mats (2004), es la deformación más perjudicial. Es evidente (*Fig. 2*) que las deformaciones varían en la dirección radial disminuyendo hacia la corteza. Es decir, la deformación que experimenta la madera durante el secado depende de la distancia a la médula. En este sentido el resultado es coincidente con los planteamientos de Ormarsson (1999) y Kliger *et al.* (2003).

En el análisis de varianza y comparación de media para un nivel de significación de 0,05 se demuestra que existen diferencias significativas entre la deformación alabeo en las posiciones A, B y C ( $p = 0$ ) curvatura de cara ( $p = 0$ ) y curvatura de canto ( $p = 0$ ).

Haciendo análisis de correlación se obtuvo un coeficiente entre el alabeo y la distancia de  $r = -0,878$ , lo que demuestra que existe una relación

negativa fuerte entre estas variables, o sea, el alabeo disminuye con el incremento de la distancia a la médula en dirección radial.

Las deformaciones, específicamente alabeo, curvatura de cara y curvatura de canto que experimentan los tablones al someterse a variaciones de humedad, y tomados desde posiciones diferentes en la dirección radial para un contenido de humedad de 18%, se muestran en la *Tabla 2* y *Fig. 3*.

### **Análisis comparativo de las deformaciones en tablas y tablones**

Los resultados de la deformación experimentada por tablas y tablones después del proceso de secado se muestran en la *Tabla 3*.

Es evidente que, de forma coincidente, tanto en tablas como tablones las deformaciones disminuyen hacia la corteza, y que de todas las estudiadas el alabeo es la de mayor valor.

**TABLA 2**  
**Valores medios de las deformaciones en tablonos. Análisis de varianza**

Posición radial	Alabeo (mm)	Curvatura de cara (mm)	Curvatura de canto (mm)
A	0,4715a	0,210a	0,190a
B	0,4274b	0,180b	0,121b
C	0,3781c	0,131c	0,100c

Resultados con la misma letra, no existe diferencia significativa entre ellas para  $p < 0,05$  según SNK.

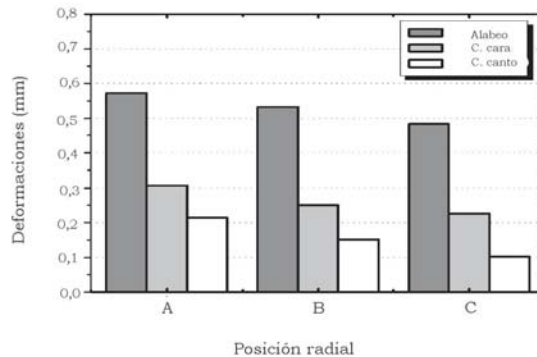


Fig. 3. Comportamiento de los valores medios de las deformaciones (tablonos) para diferentes posiciones radiales.

**TABLA 3**  
**Valores medios del alabeo en tablas y tablonos para diferentes posiciones**

Posición radial	Alabeo (mm)		Curvatura de cara (mm)		Curvatura de canto (mm)	
	Tabla	Tablón	Tabla	Tablón	Tabla	Tablón
A	0,57a	0,47b	0,31a	0,21b	0,21a	0,19b
B	0,53a	0,43b	0,25a	0,18b	0,15a	0,12b
C	0,48a	0,38b	0,22a	0,13b	0,10a	0,10b

Resultados con la misma letra, no existe diferencia significativa entre ellas para  $p < 0,05$  según SNK.

En cuanto a las deformaciones en dependencia de las dimensiones, los resultados evidencian que las piezas de mayor espesor experimentan deformaciones más pequeñas.

En el análisis de varianza, para un nivel de significación de 0,05, la diferencia de los valores del alabeo entre tablas y tablonos para las diferentes posiciones estudiadas es significati-

va ( $p = 0$ ), curvatura de cara ( $p = 0$ ) y curvatura de canto ( $p = 0$ ).

Este comportamiento de las deformaciones en las diferentes posiciones puede explicarse teniendo en cuenta que la madera codificada con la posición A se corresponde con madera juvenil, y la que está codificada como C con la madera adulta, y entre ambas las características son bien diferentes.

La madera juvenil tiene como características una densidad más baja, más madera de compresión, contenido de celulosa más bajo, diámetros de lúmenes más grandes, paredes

celulares más delgadas, menor porcentaje de madera tardía, resistencia mecánica más baja, menor contracción transversal, ángulo de la microfibrilla más grande respecto al eje de la célula en la capa S2, traqueidas más cortas [Echenique y Robles, 1998].

**Resultados del análisis de las deformaciones con el tiempo de secado**

Los valores de las deformaciones estudiadas en diferentes periodos durante el proceso de secado se muestran en la *Tabla 4*.

**TABLA 4**  
**Comportamiento de las deformaciones con el tiempo de secado.**  
**Análisis de comparación de medias según SNK**

Posiciones	Tiempo de secado		
	20 días	60 días	90 días
<i>Alabeo</i>			
A	0,2951a	0,5128a	0,5731a
B	0,1818 b	0,4921b	0,53166b
C	0,1220 c	0,413c	0,48423c
<i>Curvatura de canto</i>			
A	0,201a	0,386a	0,410a
B	0,184b	0,192b	0,351b
C	0,123c	0,1641c	0,251c
<i>Curvatura de cara</i>			
A	0,245a	0,301a	0,441a
B	0,171b	0,191b	0,213b
C	0,162	0,170c	0,198c

Resultados con la misma letra, no existe diferencia significativa entre ellas para  $p \leq 0,05$ .

Según se muestra en la *Tabla 4*, las deformaciones varían con el tiempo de secado, aumentando con él, pero esto ocurre a partir de determinado período. Puede notarse que a los 20 días de estar sometido a este proceso se registran deformaciones muy pequeñas. Este comportamiento tiene su explicación en el contenido de humedad a la cual se encuentran las piezas. Si está por debajo del punto de saturación de la fibra, en este estado el agua que se pierde por secado es el agua libre y no agua ligada.

Las tensiones que se producen en un trozo de madera durante el secado son de naturaleza diferente, según que su contenido de humedad se encuentre por encima o por debajo del punto de saturación de las fibras.

Por encima del punto de saturación de las fibras la tensión capilar es la responsable de los esfuerzos que se presentan en la madera, y en condiciones extremas puede conducir a un aplastamiento celular conocido como *colapso*.

Por debajo del punto de saturación de las fibras las tensiones de secado, responsables de la contracción normal de la madera, se desarrollan en las paredes celulares, y son una consecuencia del gradiente de contenido de humedad que se presenta entre las capas superficiales y el centro de la pieza de madera. En condiciones extremas estas fuerzas pueden conducir a la aparición de defectos como endurecimiento, grietas superficiales y grietas internas.

## CONCLUSIONES

- Existe una marcada influencia de la posición de la vitola en la sec-

ción transversal de la troza sobre la magnitud de las deformaciones.

- Las vitolas cercanas a la médula presentan los mayores niveles de deformación.
- Las deformaciones de la madera aserrada dependen de la dimensión de la sección transversal de las piezas: las de menor grosor experimentan mayores deformaciones.

## BIBLIOGRAFÍA

- ECHENIQUE; ROBLES: *Ciencia y tecnología de la madera I*, Universidad Veracruzana, México, 1998, p 137.
- EGAS, A. F.: «Consideraciones para incrementar la eficiencia de las aserraderos de la provincial de Pinar del Río». Tesis para optar por el grado de Doctor en Ciencias Forestales, Universidad de Pinar del Río, Cuba, 1998.
- FERNÁNDEZ-GOLFIN, J. I.: *Manual de secado de madera*. Ed. Palermo, España, 1998, p. 168.
- JOHANSSON, M.; R. KLIGER: «Influence of Material Characteristic Son Warp of Norway Spruce Timber», *Wood Fiber Science*, 2002.
- KLIGER, R.; M. JOHANSSON; M. PERSTORPER; G. JOHANSSON: «Distortion of Norway Spruce Timber», *Holz als Werkstoff* (61): 241-250, 2003.
- MATS, E.: *Twist of Wood Studies: Dependence on Spiral Grain Gradient*, University of Technology, Skeria, Suecia, 2004, p.23.
- ORMARSSON, S.: «Numerical Analysis of Moisture-Related Distortion in Sawn Timber Chalmers», University of Technology, Canadá, 1999.
- ORMARSSON, S.; O. DAHLBLOM; H. PETERSSON: «A Numerical Study of the Shape Stability of Sawn Timber Subjected to Moisture Variation», *Wood Science and Technology* (34):207-219, 2000.
- PANG, S.: «Anisotropic Shrinkage Prediction of Softwood», *Wood Science and Technology* (36):75-91, 2002.
- PERSTORPER, M.; M. JOHANSSON; R. KLIGER; G. JOHANSSON: «Distortion of Norway Spruce Timber. Part 1. Variation of Relevant Wood Properties», *Holz als Werkstoff* 59 (1-2):94-103, 2001.