

## EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA DURABILIDAD DE PALILLOS SEPARADORES EN EL PROCESO DE SECADO EN CÁMARA DE *PINUS RADIATA* D. DON.

### TECHNICAL EVALUATION OF THE DURABILITY OF STICKERS IN THE KILN DRYING PROCESS OF *PINUS RADIATA* D. DON.

*Alfredo Aguilera<sup>1</sup>, Luis Inzunza<sup>1</sup>, Italo Saffrío<sup>2</sup>.*

#### RESUMEN

Con el propósito de analizar la durabilidad de los distintos tipos de separadores para el proceso de secado, se selecciona una muestra de palillos según el tipo de corte utilizado ya sean estos radiales o tangenciales.

Se evaluó el comportamiento de estos palillos sometidos a cargas y se observó su durabilidad, considerando su rendimiento según tipo de corte y defectos por tipo de separador y posición dentro de las cámaras de secado.

Se observó que la posición de los castillos no es determinante en la pérdida de separadores, lo que sí es un factor importante es la presencia de defectos y el tipo de desempalillado. Se determinó que el corte tangencial sin defectos es el separador que mejores rendimientos obtuvo en contraposición el corte radial fue el que obtuvo un rendimiento inferior.

**Palabras clave:** separador, rotaciones, secado, aserraderos.

#### ABSTRACT

In order to analyze the durability of the different types of stickers used in the kiln dry process, a sample of sticks was studied by type of cut, radial or tangential.

The behavior of these sticks submissive to loads was evaluated and its durability was observed, considering its yield according to type of cut and defects by type of sticks and position within the kiln drying.

It was observed that the position of the stacked lumber is not determining in the loss of sticks, the presence of defects and the unstacking system was the most important factor. It was determined that sticker with tangential cut without defects gives better yields, and poorest the radial cut.

**Keywords:** sticker, rotations, kiln dry, sawmill.

<sup>1</sup> Instituto de Tecnología de Productos Forestales, Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia, Chile. [aguilera@uach.cl](mailto:aguilera@uach.cl), [linzunza@uach.cl](mailto:linzunza@uach.cl).

<sup>2</sup> Ingeniero Forestal. Instituto de Tecnología de Productos Forestales, Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia, Chile.

Autor para correspondencia: [aguilera@uach.cl](mailto:aguilera@uach.cl)

Recibido: 10 de agosto 2006. Aceptado: 05 de Enero 2007.

## INTRODUCCIÓN

Posterior al proceso de aserrío, luego que la madera ha sido clasificada según su espesor, se la encastilla, utilizándose palillos separadores. La importancia principal de estos separadores radica en que un buen proceso de secado depende de la uniformidad del paso del aire a través de la pila, y ellos son los encargados de dar una estabilidad al castillo, además influyen sobre las deformaciones de las piezas y eventualmente sobre la aparición de manchas superficiales.

Williston 1988, señala que cuando la madera es apilada o encastillada para secar, generalmente se utilizan separadores de escuadrías relativamente pequeñas y dispuestos uno cerca de otro. Estos separadores o palillos deben colocarse uno directamente sobre otro, teniendo todas las piezas la misma escuadría. El espesor del palillo dará un mejor resultado dependiendo de la especie y del tipo de secado. Como regla, indica que un palillo muy grueso desperdicia espacio y reduce la velocidad del aire. Si son muy pequeños, éstos previenen la circulación uniforme del aire y eventualmente pueden bloquear el paso de éste a través de las cargas.

Para el secado artificial se requiere una apreciable cantidad de separadores y su reposición es generalmente costosa. La utilización de listones en el proceso de secado a aumentado, y se ha producido un problema en cuanto a la demanda de éstos, ya que sufren una gran cantidad de deformaciones asociados al secado de la madera porque las rotaciones en las cámaras son mayores, y los palillos tienen que estar en un continuo proceso de fabricación, lo que implica un costo demasiado alto para las empresas hoy en día (Rietz, 1978, Williston, 1981, Denig 1993).

Según la experiencia, es mucho más ventajoso utilizar separadores obtenidos de madera densa, con grano recto y libre de defectos. Los separadores se deben obtener de madera previamente secada para evitar manchas y distorsiones de las piezas en secamiento (JUNAC, 1989).

El objetivo de este estudio es el de evaluar técnicamente la durabilidad de distintos tipos de separadores en el proceso de secado de *Pinus radiata* D. Don. y analizar la mejor opción a seleccionar para lograr mayores rendimientos de estos en el proceso.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se confeccionaron listones separadores (palillos) de pino radiata, con una escuadría de 20 mm \* 30 mm \* 1,2 m, además se consideraron los listones que actualmente se utilizan en el aserradero que no tienen una escuadría definida o perfecta.

La muestra total de palillos que se utilizan en un aserradero de tamaño mediano (rango de producción 8.000 a 10.000 m<sup>3</sup>/mes) en promedio bordea los 120 m<sup>3</sup>/mes, lo que significa un consumo de aproximadamente 170.000 unidades mensuales. En este estudio se fabricaron 3.500 separadores en total, 2.500 se usaron para desempalillado manual y 1.000 para desempalillado mecánico, de distintos tipos de cortes y con lo cual se pudieron formar 20 castillos. Lo que corresponde a un 0,02% del consumo mensual en el aserradero.

La fórmula para calcular el número óptimo o el tamaño muestral de separadores es la siguiente:

$$N = \frac{t^2 * s^2}{X^2 * E^2} \quad (1)$$

Donde:  $t$  tiene  $n_1 - 1$  grados de libertad y se escoge de la tabla de Distribución de  $t$ ,  $s$  es la desviación estándar de la muestra,  $\bar{X}$  es la media muestral y  $E$  es el error otorgado a la muestra.

Para obtener el número óptimo de separadores se tomó una muestra poblacional de 480 listones, se les midió el ancho, el largo y el espesor, con el fin de obtener el volumen de cada uno de ellos, y con ese dato realizar la prueba anteriormente expuesta.

Se fabricaron 500 separadores de corte radial que presentaban defectos (nudos, canto muerto, deformaciones, etc.), 500 de corte radial sin ningún tipo de defectos, 500 de corte tangencial con defectos, 500 de corte tangencial sin ningún tipo de defectos, y 500 que al momento de realizar el estudio se estaban utilizando en el aserradero.

Una vez terminado el proceso de producción de los listones, éstos se llevaron a la cancha de secado y se diferenciaron por color; los radiales sin defectos se pintaron de color azul; los radiales con defecto se les pintó de color verde; los tangenciales sin defecto de color negro; los tangenciales con defecto de color amarillo y por último los que actualmente se utilizan en el aserradero de color rojo. Este proceso es de suma importancia para la posterior evaluación en las cámaras de secado, ya que se debe mantener una cuidadosa supervisión de ellos para que no se mezclen en los castillos de apilado con otro tipo de separador que no se evaluó en este estudio.

Finalizado el proceso de separación y clasificación de los listones, éstos se trasladaron hasta la cancha de encastillado lugar donde dos personas capacitadas comenzaron a formar los castillos con las unidades que se les asignaron para realizar este paso.

La utilización de 500 palillos por tipo de corte permitió realizar tres castillos de secado, ya que se utilizaron aproximadamente 160 unidades por castillo.

La metodología aplicada indica que cada tipo de separador entró a las cámaras de secado de la misma forma, es decir aquellos que en la primera rotación de la cámara entraron en el castillo superior en la segunda rotación tuvieron que entrar en ese mismo castillo, para poder evaluar el efecto del peso soportado por éstos en la posición de entrada a las cámaras de secado puesto que no es lo mismo estar en la parte superior que en la inferior soportando todo el peso de los castillos de más arriba. Por lo mismo los listones utilizados se identificaron claramente para evitar mezclas o ubicaciones erróneas.

En el momento que los castillos salen de la cámara de secado, se procede al proceso de desempalillado manual, justo en ese momento cada tipo de separador fue empaquetado e identificado por tipo y su ubicación en los castillos (superior, medio e inferior) en las cámaras de secado. Luego se trasladaron los palillos debidamente identificados al patio de secado donde comenzó todo el proceso nuevamente. Los empalilladores realizaron un nuevo encastillado con los mismos separadores del proceso anterior y según el criterio de la empresa se discernió sobre qué listón está en condiciones de soportar otro ciclo de secado y cual no. En este momento se contabilizaron la cantidad de separadores desechados por los empalilladores y que ya no siguieron en el proceso. Cuando faltaron unidades para completar el encastillado se usaron separadores de cualquier tipo, que para efectos de este estudio no tuvo ninguna importancia.

Así se siguió el proceso hasta que se agotaron los listones fabricados para este estudio y así mismo se pudo realizar las evaluaciones económicas correspondientes.

Una vez terminado el proceso de evaluación y seguimiento se procedió a analizar el comportamiento del separador testigo, con y sin defectos, en el proceso de desempalillado mecánico. Para este propósito se fabricaron 1.000 unidades, con los cuales se formaron seis castillos de secado.

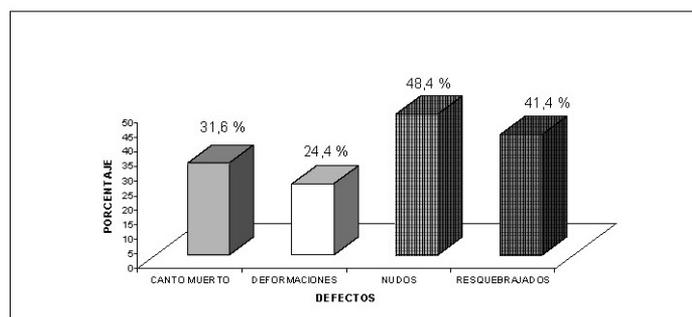
Esta evaluación siguió las mismas pautas que rigieron las evaluaciones de los separadores anteriores.

Hay que tener en cuenta que siempre se realizó un seguimiento exhaustivo y detallado de los tipos de palillos y en que posición de los castillos entraron a la cámara de secado, para que se mantuvieran las mismas condiciones de evaluación.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Situación actual de los palillos separadores

La distribución de los tipos de defectos de los separadores se puede apreciar en la figura 1.



**Figura 1:** Distribución de los tipos de defectos encontrados en los separadores.

Los palillos de uso actual poseen una escuadría promedio de 25 mm \* 35 mm \* 1,20 mts, lo que es realmente importante ya que este tipo tiene 5 mm más en espesor y en ancho que los que se fabricaron para este estudio. Esta diferencia en las escuadrías tendrá importancia en la durabilidad de éstos frente a los otros tipos de listones fabricados.

En la figura 1 se puede observar que los palillos evaluados presentan más de un defecto asociado a ellos, lo que presenta una dificultad para una durabilidad más alta en terreno. La mayoría de los listones evaluados presentan nudos y por la experiencia en el trabajo de empalillado y desempalillado este tipo de defectos hace que éstos se quiebren justo donde se presenta ese defecto.

Otro defecto que los descalifica es el resquebrajamiento que se produce por la variación de la temperatura dentro de las cámaras y fuera de ellas, es decir la variación que se produce en el contenido de humedad, ya que generalmente después que los separadores se utilizan son dejados a la intemperie, lo que se traduce en que se mojen por efecto de las constantes lluvias que se producen en la zona.

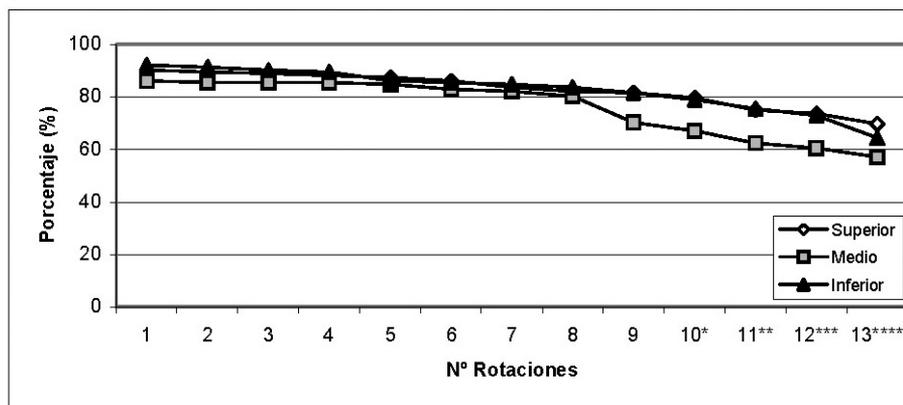
A pesar que la desclasificación por deformaciones, indicada en la figura 1, fue la menor con un 24 %, ésta podría aún disminuir si siempre los palillos estuvieran protegidos de la lluvia y mantenidos en contenedores.

### Durabilidad de los separadores con desempalillado manual y mecánico

Se evaluaron 13 rotaciones en cámaras de secado, las primeras nueve se realizaron con el proceso de desempalillado manual y las últimas cuatro se realizaron con el proceso de desempalillado mecánico. Todos los tipos, excepto el testigo, fueron fabricados con una escuadría perfecta de las siguientes dimensiones: 1,2 mts de largo, 20 mm de espesor, y 30 mm de ancho.

Al hablar de listones con defectos, se refiere a que es la misma calidad de madera del separador sin defectos, la única diferencia está en que se apartan determinados por la cantidad de defectos que presentan. Los que presentan muy poco o nada de defectos se les denominó sin defectos y a los que presentaban nudos, canto muerto, etc. se les llamó con defectos.

- Durabilidad del separador testigo por posición de entrada a la cámara de secado.



Nota: 10\*,11\*\*,12\*\*\*,13\*\*\*\* rotaciones con desempalillado mecánico.

**Figura 2:** Porcentaje de durabilidad de separadores testigos.

El separador al que se le denominó testigo es el que comúnmente se utiliza en los aserraderos para el proceso de formación de los castillos de secado. Este tipo no posee una escuadría perfecta y tampoco se separó por los defectos que presentaba, es decir, se pretende con este tipo evaluar las condiciones normales que presentan éstos y contrastarlas con los otros tipos de separadores.

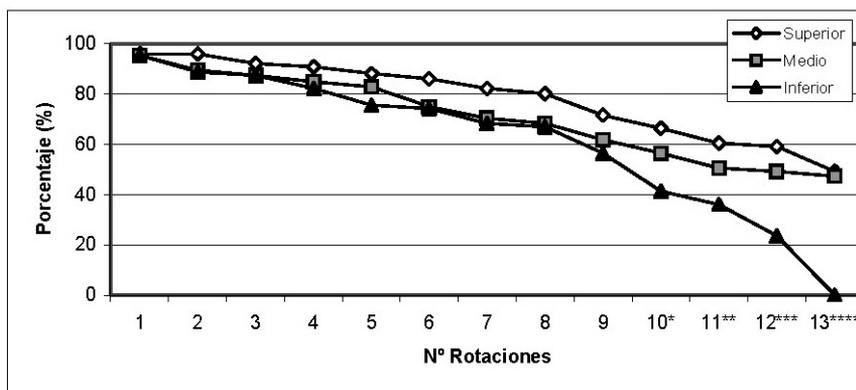
Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y un test de diferencia mínima significativa (DMS) en la evaluación de este listón y se puede decir que no existe una correlación entre la posición de entrada a las cámaras de secado y su durabilidad, ya que no existen diferencias significativas entre los promedios.

Se puede observar en la figura 2 que los separadores tienen una caída paulatina en la pérdida de ellos que sólo se ve acentuada cuando nos acercamos a las rotaciones en las cuales se cambió el proceso de desempalillado de manual a mecánico.

Evaluando la durabilidad en terreno con las mismas condiciones de trabajo diario de los separadores se puede decir con seguridad que la pérdida de éstos, acumulada en las trece rotaciones es de un 36,2 %. Es un porcentaje bastante bajo para la cantidad de rotaciones que se evaluaron y podría tener su explicación en las mayores dimensiones que en promedio presentan con respecto a los otros tipos de palillos.

Analizando la pérdida de listones en el proceso de desempalillado y empalillado, se puede decir que en el primer proceso se pierden 21,5 % de separadores en comparación al 14,7 % en el segundo proceso. Esto puede deberse a las diferencias de temperatura que sufre el separador al salir de las cámaras de secado, que provocan la disminución de la cohesión en el material y hace más fácil la ruptura de los separadores al momento de desempalillar.

- Durabilidad separador radial sin defectos por posición de entrada a la cámara de secado.



Nota: 10\*,11\*\*,12\*\*\*,13\*\*\*\* rotaciones con desempalillado mecánico.

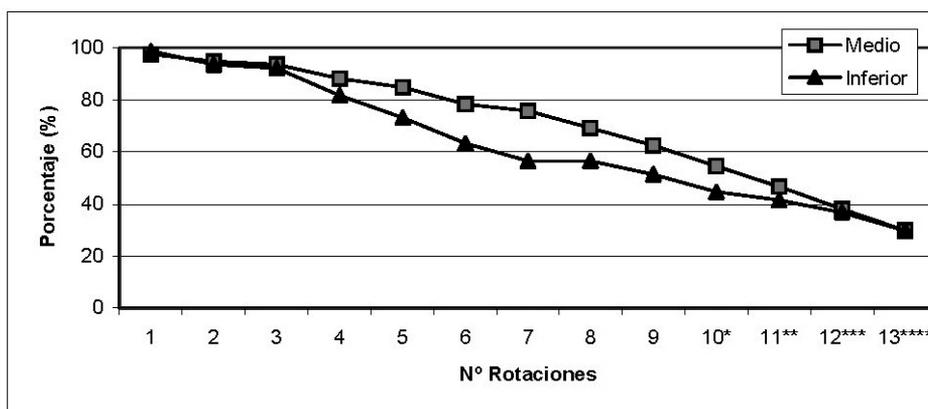
**Figura 3:** Porcentaje de durabilidad de separadores radiales sin defectos.

En la figura 3 se puede ver que hay diferencias significativas entre la posición superior e inferior y la posición del medio con la inferior; ambas menores a un nivel de significancia de 0,05, es decir hay una notoria pérdida de separadores en la posición inferior debido a que el peso de los castillos influye en la merma de éstos en cada rotación. Además se produce una notoria baja de listones en cuanto se cambió el proceso de desempalillado, lo cual se produce porque el tipo de corte radial tiene muy poca resistencia a las solicitaciones externas que produce la máquina de desempalillado en contraste con el desempalillado manual que no le produce un daño mayor.

Se puede ver que los listones de la posición inferior al llegar a la rotación número 13 se pierden completamente, esto pudiera deberse a que este tipo de corte no es muy resistente al peso de los castillos que están más arriba. Este tipo tuvo un alto porcentaje de pérdida acumulada, que llega al 59,9 % en la décima tercera rotación.

En cuanto al porcentaje de pérdida, se puede decir que, en el proceso de desempalillado se pierde un 40,8 % en contra del 19,1 % que se pierde en el proceso de empalillado, esto explicado por lo que sucede con este tipo de palillo en el proceso de desempalillado mecánico.

- Durabilidad separador radial con defectos por posición de entrada a la cámara de secado.



Nota: 10\*,11\*\*,12\*\*\*,13\*\*\*\* rotaciones con desempalillado mecánico.

**Figura 4:** Porcentaje de durabilidad de separadores radiales con defectos.

En este tipo se pudo evaluar sólo dos castillos de secado; el medio y el inferior, pero de todas formas se puede utilizar como un indicador confiable de la durabilidad de ellos.

En la figura 4 también al evaluarlos estadísticamente no se pueden ver diferencias significativas entre los promedios. Por lo tanto se debe mencionar que la posición de los castillos no fue determinante en la pérdida de éstos para este caso.

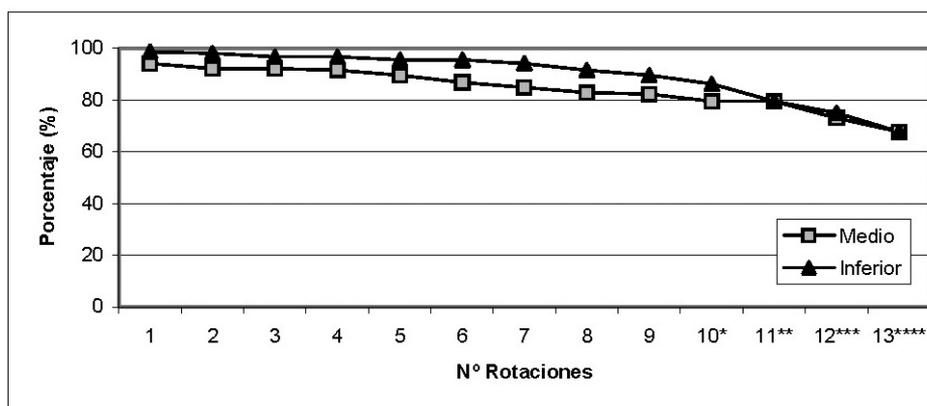
Aquí hay una mayor pérdida en promedio que en el caso anterior, y esto se debe a que los defectos que tiene este tipo hacen que su resistencia sea menor y tengan una mayor facilidad de quebrarse, que los separadores que no presentan defectos.

El tipo de corte es el preponderante en la razón de la pérdida de éstos, ya que queda demostrado que no son eficientes para el uso en el que fueron evaluados, ya que están muy por debajo del promedio de los testigos.

A pesar de que en el gráfico se puede ver que en la mayoría de las rotaciones se perdieron menos palillos en el castillo medio que en el inferior, se debe mencionar que al llegar a la última rotación los porcentajes de pérdida de ambos son exactamente iguales (70,4 %).

En comparación al porcentaje de empalillado y desempalillado de éstos la diferencia en sus valores son bastantes significativas, siendo un 21,4 % de pérdida por empalillado y un 49 % de pérdida por desempalillado.

- Durabilidad separador tangencial sin defectos por posición de entrada a las cámaras de secado



Nota: 10\*,11\*\*,12\*\*\*,13\*\*\*\* rotaciones con desempalillado mecánico.

**Figura 5:** Porcentaje de durabilidad de separadores tangenciales sin defectos.

Este es el separador que mayor durabilidad tuvo, puesto que los cortes tangenciales tienen un mayor grado de resistencia a las sollicitaciones externas que los radiales y por lo tanto es el adecuado para soportar el peso de las tablas que se van a secar.

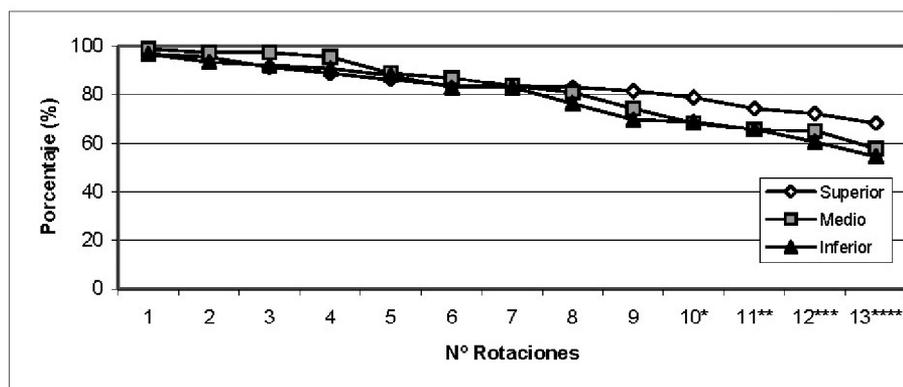
En la figura 5 se puede ver que la tendencia a la disminución de éstos es muy baja, sólo un poco más notoria en las rotaciones donde se cambió el proceso de desempalillado.

Aquí también se evaluaron sólo dos castillos de secado; el medio y el inferior, no se encontraron diferencias notorias entre el castillo inferior y el castillo medio, es decir, el peso de los castillos no determina la pérdida de listones.

Al igual que el caso anterior, la posición de los castillos no es determinante en la pérdida de éstos en el secado, ya que se llega a una pérdida de separadores de 32,2 % en la última rotación.

En la décima tercera rotación evaluada hay diferencias en la pérdida de palillos por el proceso de empalillado que llega a un 10,9 %, mientras que el proceso de desempalillado llega a un 21,4 %.

- Durabilidad separador tangencial con defectos por posición de entrada a las cámaras de secado



Nota: 10\*,11\*\*,12\*\*\*,13\*\*\*\* rotaciones con desempalillado mecánico.

**Figura 6:** Porcentaje de durabilidad de separadores tangenciales con defectos.

En la figura 6 se observa que no hay una tendencia en la diferenciación de la pérdida de listones por la posición de los castillos, puede deberse a que los palillos con defectos tienen nudos, canto muerto, etc., en todas las posiciones de los castillos entonces podría darse el caso que el castillo superior tuviera mayor cantidad de nudos que el castillo inferior y que por esa razón hay una mayor pérdida de éstos en el castillo de posición superior que en el inferior.

Aquí hay una pérdida de total de listones al llegar a la décima tercera rotación de un 39,7 %. Separando la pérdida por el método de empalillado y desempalillado, se puede decir, que en el primer proceso se pierde un 10,8 % y en el segundo proceso se pierde un 28,9 % de ellos.

A continuación se presentan los porcentajes de durabilidad de los listones en la última rotación analizada, esta información es de mucha utilidad ya que permite comparar la durabilidad en terreno de todos los tipos evaluados.

**Tabla 1:** Porcentaje de pérdida acumulada de separadores.

Tipo de Separador	Porcentaje de Pérdida (%)
Testigo	36,2
Tangencial sin Defectos	32,2
Tangencial con Defectos	39,7
Radial sin Defectos	59,9
Radial con Defectos	70,4

Se puede decir que los separadores testigo y el tangencial sin defectos son los mejores evaluados en este estudio (Tabla 1), ya sea por sus características como por su comportamiento en terreno; pero es necesario hacer una clara diferencia entre ellos diciendo que no es posible hacer comparaciones, ya que el testigo posee diferencias en su escuadría mientras que el tangencial sin defectos no posee

ninguna diferencia en sus dimensiones. Los testigos fueron de dimensiones mayores a todos los tipos evaluados en este estudio, y esto puede explicar las diferencias de durabilidad entre éste separador y los otros. Siendo así de todas maneras el mayor porcentaje de durabilidad lo tuvo el tangencial sin defectos; esto se debe a que al no poseer defectos, como por ejemplo nudos, es más resistente a las sollicitaciones externas que los que poseen este tipo de defectos.

De la misma manera el tipo que le sigue en durabilidad al testigo es el tangencial con defectos, que a pesar de obtener muy buenos resultados en terreno; su problema son los defectos asociados a ellos, ya que casi nunca presentan un solo tipo de daño sino que por el contrario en cada separador se pueden observar dos o tres fallas, como por ejemplo, canto muerto, nudos, rajaduras, etc.

Los últimos listones en cuanto a durabilidad son los radiales, como es lógico pensar, el que peores resultados obtuvo fue el radial con defectos, por lo explicado anteriormente con los separadores que tienen defectos.

**Tabla 2:** Porcentaje de pérdida acumulada de separadores por empalillado y desempalillado.

<b>Tipo de Separador</b>	<b>Empalillado (%)</b>	<b>Desempalillado (%)</b>
Testigo	14,7	21,5
Tang. sin Defectos	10,9	21,4
Tang. con Defectos	10,8	29,0
Radial sin Defectos	19,1	40,8
Radial con Defectos	21,4	49,0

En la Tabla 2 se demuestra que efectivamente en todo el proceso de formación de los castillos de secado, cualquiera sea el tipo de separador utilizado, la mayor merma se produce en el proceso de desempalillado sea mecánico o manual.

En el proceso de empalillado solamente hay diferencias significativas entre el tangencial con defecto y el radial con defectos; dado porque entre estos dos tipos se producen las mayores diferencias de pérdida de listones; se puede deducir entonces que el tangencial sin defectos es el que mayor durabilidad tuvo en este proceso.

Se hace notar una diferencia sustancial entre los listones radiales, los cuales pierden más de un 40 % de sus separadores en este proceso, lo cual es explicable debido a la nula resistencia que oponen éstos a la máquina desempalilladora por cuanto la mayoría de los palillos quedan atrapados entre las tablas que se van apartando para pasar a la cepilladora y ahí se realiza una oposición de fuerzas entre la tabla y el separador, y como este tipo de corte no tiene una buena resistencia, se terminan por partir o quebrar. No así los otros tipos, que si bien se pueden romper, tienen más resistencia a las sollicitaciones externas y no pierden separadores en forma tan notoria como los de corte radial.

Se puede observar que los tangenciales no tienen una diferencia notoria de porcentaje en el proceso de empalillado, sino que la diferencia fundamental en ellos es en el proceso de desempalillado, determinado por la utilización de la máquina desempalilladora, que es en donde se producen las mayores diferencias en las rotaciones.

La menor diferencia entre los dos procesos se produce en el separador testigo, podría deberse a que al poseer mayores dimensiones tiene más resistencia a las solicitaciones externas en el proceso de desempalillado mecánico.

En el proceso de desempalillado las mayores diferencias significativas se obtuvieron entre el tangencial sin defectos y el radial con defectos, al igual que el testigo con el radial con defectos lo cual valida las observaciones en terreno, ya que se explica cabalmente que en este tipo de procesos se necesita el mejor separador que se pueda producir, en este caso, el tangencial sin defectos y además sucede que el palillo que peores resultados obtiene es el radial con defectos que no es apropiado para usarse en la desempalilladora mecánica.

## CONCLUSIONES

Los separadores poseen comúnmente dos a tres defectos asociados a ellos, siendo el factor escuadría determinante en la alta durabilidad de los separadores. Sin embargo, mayores escuadrías de los separadores implican mayor consumo de madera y menor capacidad de carga en las cámaras.

El tipo de corte más utilizado en separadores en el aserradero analizado es el tangencial con defectos sin escuadría uniforme. Analizando la durabilidad de los separadores en terreno, el mejor fue el tipo de corte tangencial sin defectos con escuadría uniforme, ya que obtuvo la menor pérdida de ellos en todas las rotaciones analizadas. El tipo de corte radial otorga una mínima durabilidad en terreno en comparación con los otros separadores analizados.

Al evaluar el efecto de la posición de los castillos en la pérdida de separadores se debe decir que no es un factor de importancia en la merma de éstos; lo cual queda aún más acentuado cuando se evalúan separadores con defectos, ya que son éstos los que más determinan la merma de separadores y no la posición de ellos en los castillos de secado.

La diferencia en la pérdida de separadores por empalillado y desempalillado es notoria en todos los tipos de separadores analizados, siendo éste último proceso el que más separadores pierde, sobre todo cuando se hacen desempalillados mecánicos. Hay diferencia de hasta aproximadamente un 28 % entre estos procesos para el corte radial y de un 12 % para el corte tangencial. No existen diferencias significativas al evaluar el separador testigo con defectos y sin defectos en el proceso de desempalillado mecánico, esto dado por la diferencias de escuadría con los otros separadores.

## BIBLIOGRAFIA

**Denig, J. 1993.** *Small sawmill handbook*. Miller Freeman Publications, Inc., San Francisco, California, USA. 182 p.

**Junta del Acuerdo de Cartagena (JUNAC). 1989.** *Manual del Grupo Andino para el secado de maderas*. ISBN 84-89297-75-4, Lima, Perú. 305 p.

**Rietz, R. 1978.** *Storage of Lumber*. Agriculture Handbook N° 531, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington. 63 p.

**Williston, M. 1981.** *Small Log Sawmills: Profitable product selection process design and operation*. Miller Freeman Publications, Inc., San Francisco, California, USA. 367 p.

**Williston, Ed M. 1988.** *Lumber Manufacturing: The design and operation of sawmills and planer mills*. Miller Freeman Publications, Inc., San Francisco, California, USA. 486 p.