

# ASERRADO



# Aserrado

52

## Introducción

Según datos de la FAO, la industria de madera aserrada consume un 27% aproximadamente de la madera en rollo industrial (este concepto no incluye la madera utilizada como combustible) producida en el mundo.

En la Península Ibérica, la producción de madera aserrada de coníferas predomina claramente frente a la de frondosas. En el caso de la Euroregión Galicia-Norte de Portugal, los pinos pinaster y radiata constituyen las especies dominantes, al reunir conjuntamente una cifra próxima al 80% de la producción de madera aserrada.

Tanto en Australia como en la Euroregión Galicia-Norte de Portugal o en Chile, se sierra eucalipto blanco desde hace más de cien años aunque, a menudo, de forma marginal y complementando otras producciones.

Esta situación surge como consecuencia de peculiaridades propias del género *Eucalyptus*, como sus elevadas tensiones de crecimiento, que hacen que su aserrado requiera unas características absolutamente particulares.

En el caso concreto de Galicia, si bien el eucalipto blanco se ha convertido en la principal especie forestal por volumen de cortas, tan sólo representa un 8% aproximadamente del total de madera producida por la industria de aserrado.

Los productos elaborados tradicionalmente con eucalipto, se han destinado mayoritariamente a la fabricación de elementos de escaso valor añadido. Cerca del ochenta por ciento de la producción corresponde a elementos para envase y embalaje (tablilla para palet, tacos, etc.) y cuadradillo para mangos de herramienta. En ambos casos se trata de semielaborados que son expedidos en verde o bien oreados en patio.

Esta situación histórica está cambiando en los últimos años, tanto como consecuencia de la fuerte expansión que han experimentado las plantaciones de eucalipto blanco, como por la creciente dificultad de abastecimiento existente en maderas de calidad de coníferas.

En estas circunstancias, el CIS-Madera planteó un Proyecto CRAFT de

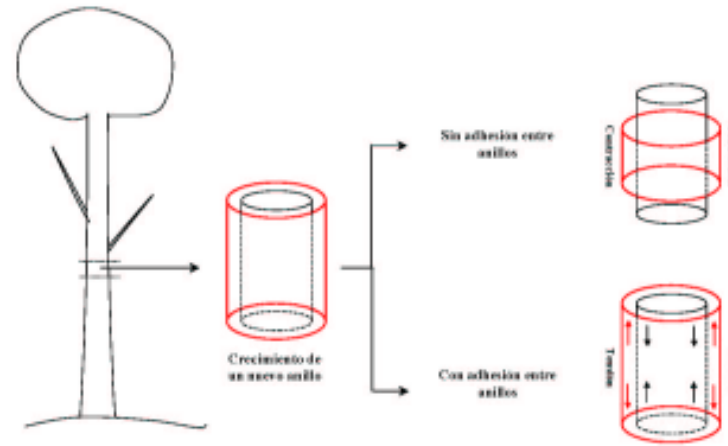
Investigación Cooperativa, con el objetivo principal de definir tecnologías de aserrado adecuadas para procesar eucaliptos blancos con elevadas tensiones de crecimiento.

El Proyecto se organizó en torno a un núcleo de aserraderos de Galicia y Portugal (Parquets Lorenzo, Maderas Betanzos, Hermanos Sánchez Pena y Sardinha & Leite) y un fabricante alemán de maquinaria de aserrado de alta tecnología (Möhringer GmbH). Esta estructura se complementó con la participación de dos Centros Tecnológicos; el CIRAD-Forêt de Francia y el CIS-Madera de España que ejerció el papel de coordinador.

Entre enero del año 1999 y junio del 2001 se realizaron 20 experiencias industriales de aserrado, utilizando distintas tecnologías. De este modo se ha conseguido profundizar en el conocimiento del conjunto de las deformaciones que tienen lugar durante el aserrado de eucaliptos con elevadas tensiones de crecimiento, lo que ha hecho posible plantear estrategias que minimizan su impacto.



FIGURA 1. ESQUEMA DEL PROCESO DE FORMACIÓN DE LAS TENSIONES DE CRECIMIENTO



## Tensiones de crecimiento

Al igual que ocurre con especies tan habituales en el comercio como el haya (*Fagus sylvatica*) o la limba (*Terminalia superba*), el aserrado de la madera de eucalipto blanco se encuentra condicionado por las elevadas tensiones de crecimiento que presenta esta especie.

Esto es debido a que, si bien las tensiones de crecimiento iniciales que presenta el árbol en pie se encuentran totalmente equilibradas, durante las operaciones de corta y aserrado se liberan de forma repentina, produciendo una serie de defectos (fendas y curvaturas) en las trozas y los productos elaborados.

Las causas que provocan las tensiones de crecimiento están vinculadas con la actividad del tejido responsable del crecimiento del árbol (cambium). Así, las tensiones de crecimiento tienen su origen en el crecimiento de las células que produce el cambium, que al expandirse lateralmente y contraerse longitudinalmente durante su madura-

ción, se enfrentan a la resistencia opuesta por células formadas en años anteriores, generando un conjunto de tensiones (figura 1).

La magnitud de las tensiones de crecimiento es muy diferente dependiendo de la dirección que se considere. Así, en dirección axial es del orden de diez veces mayor que en dirección transversal y, dentro de esta última, mayor en la dirección tangencial que en la radial.

Con el paso del tiempo, como consecuencia de la acumulación de los esfuerzos generados anualmente, el centro del tronco está sometido a tensiones de compresión cuya magnitud aumenta a medida que nos aproximamos a la médula. Por el contrario, la periferia se encuentra bajo esfuerzos de tracción que aumentan en dirección a la corteza.

Los estudios realizados, han permitido constatar que existe una edad a partir de la cual es observable un descenso

en los valores de estas tensiones. Esta conclusión aparece claramente vinculada a la relajación de la actividad cambial que se produce como consecuencia de que el árbol va alcanzando sucesivos estados de madurez.

En el caso de los eucaliptares de la Euroregión, esta disminución parece iniciarse en torno a los 30 años, debido a sus excepcionales condiciones de crecimiento.

Por otro lado, la selvicultura puede ayudar a disminuir la magnitud de las tensiones de crecimiento. Asimismo, existen métodos que pueden ser aplicados al árbol en pie, haciendo posible disminuir parcialmente los defectos que aparecerán durante el aserrado. Entre estas técnicas destaca el "anillado", que básicamente consiste en producir una herida en los árboles en pie, mediante un pequeño descortezado a lo largo de su perímetro.



## Modelo de distribución de las tensiones de crecimiento

Durante el desarrollo del Proyecto CRAFT se diseñó un modelo teórico de la distribución de las tensiones de crecimiento a lo largo de la sección de un tronco (figura 2) que permite interpretar globalmente el conjunto de las deformaciones que aparecen durante cualquier opción de aserrado.

Como consecuencia de las tensiones de crecimiento, en un árbol en pie, las fibras distribuidas en la periferia del tronco se encuentran sometidas a esfuerzos de tensión longitudinal que aumentan en intensidad hacia el exterior del tronco.

Este conjunto de fibras «jóvenes» sometidas a esfuerzos de tensión en el interior del tronco presenta una longitud mayor de lo normal. En el momento de la corta del árbol y posteriores operaciones de aserrado, se produce una liberación de las tensiones a que están sometidas estas células, que como consecuencia tienden a acortarse.

Debido al mismo efecto, las fibras de la zona interior del tronco se encuentran



**FIGURA 2. MODELO TEÓRICO DE LA DISTRIBUCIÓN DE LAS TENSIONES DE CRECIMIENTO A LO LARGO DE LA SECCIÓN DEL TRONCO**

sometidas a esfuerzos de compresión que aumentan su intensidad hacia la médula. Estas fibras tenderán a expandirse, aumentando su longitud, como consecuencia de cualquier acción que produzca una liberación de tensiones.

La transición entre las áreas sometidas a tensión y compresión ocurre, aproximadamente, entre un tercio y un medio de la distancia de la periferia del tronco a la médula.

Como ejemplo, es posible aplicar este modelo teórico para interpretar las deformaciones que se manifiestan durante la liberación de tensiones producida por un aserrado con sierra de banda y una secuencia de cortes paralelos (figura 3).

El primer corte tiene lugar por la zona en la que las fibras se encuentran sometidas a tensión, produciéndose una liberación de estos esfuerzos. Esta liberación conlleva una reducción de la longitud de estas fibras, tanto mayor cuanto más nos aproximemos a la corteza.

Por ello, el principal efecto durante el

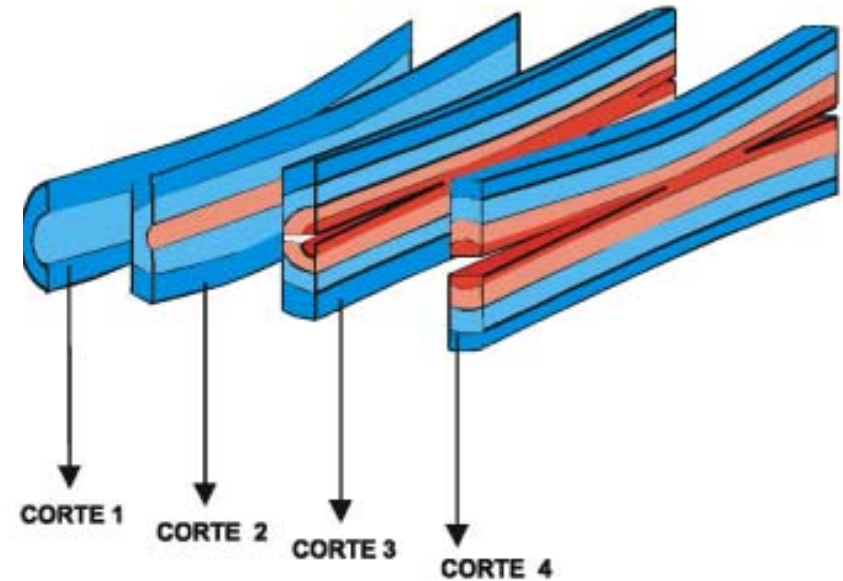
aserrado del primer tablón es una curvatura de cara con su concavidad hacia la corteza. Las curvaturas de canto son despreciables frente a las de cara porque las tensiones se encuentran equilibradas con respecto al eje central del tablón.

El segundo corte se produce por una zona en la que las fibras continúan, en su mayor parte, sometidas a esfuerzos de tensión longitudinal exceptuando una reducida zona de fibras en la parte central del tablón sometidas a esfuerzos de compresión.

La liberación de las tensiones producida por este corte se traduce en una reducción de la longitud de las fibras sometidas a esfuerzos de tensión y en un incremento de la longitud de las fibras sometidas a compresión.

Al igual que en el corte anterior, el principal efecto en la tabla de madera aserrada es una curvatura de cara, con su concavidad hacia la corteza.

El tercer corte se produce por una zona del tronco en la que las fibras están sometidas tanto a esfuerzos de tensión como de compresión.



**FIGURA 3. DEFORMACIONES QUE SE MANIFIESTAN DURANTE LA LIBERACIÓN DE TENSIONES PRODUCIDA POR ASERRADO CON SIERRA DE CINTA Y UNA SECUENCIA DE CORTES PARALELOS**

A medida que los cortes se adentran hacia el interior del tronco, el conjunto de las fuerzas que se manifiestan como consecuencia de la liberación de las tensiones se equilibran en torno a los cantos reduciéndose las curvaturas de cara en la madera aserrada.

En cuanto a las curvaturas de canto, el esfuerzo se incrementa considerablemente, al acumularse el doble efecto producido por el acortamiento de las fibras situadas sobre la periferia del tronco y el alargamiento de las fibras en su parte central. Ambos efectos se superponen creando una resultante que tiende a producir una doble curvatura de canto con sus concavidades hacia el exterior.

Aunque estas fuerzas se encuentran equilibradas respecto al eje central de la

tabla, su mayor intensidad genera esfuerzos de tracción perpendicular en el centro de la pieza que a menudo provocan la aparición de fendas.

El cuarto corte se produce por la zona central del tronco donde los esfuerzos que generan tracción perpendicular a la fibra se hacen máximos y coinciden con la porción del tronco que posee una menor resistencia frente a este tipo de esfuerzos al incluir la médula y madera juvenil.

En estas condiciones es normal la aparición de importantes fendas en los tabloncillos centrales.

## Opciones de aserrado de eucaliptos en grupo de cabeza

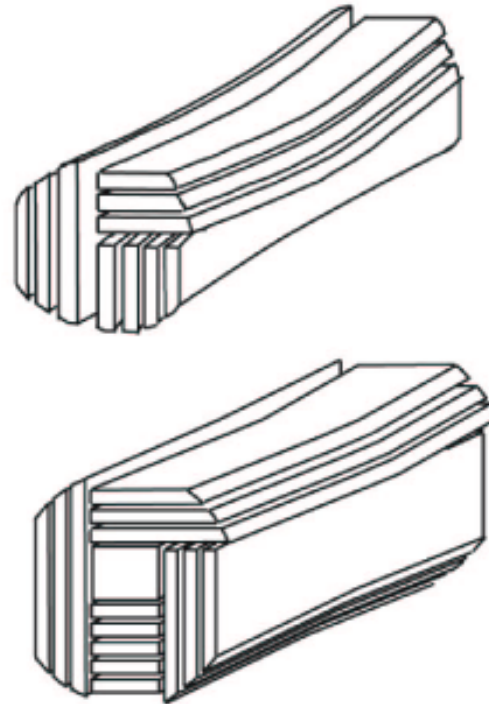
### Sierra de cinta y carro portatroncos

La mayor parte de las empresas que actualmente procesan madera de eucalipto, trabajan con madera de pino y/o frondosas, utilizando puntualmente eucalipto en pequeñas partidas.

Como consecuencia de esta situación, la tecnología empleada mayoritariamente es la utilizada para madera de coníferas. Se compone de un grupo de cabeza con sierra de cinta y carro portatroncos, y una máquina canteadora. La mayor parte de la maquinaria fue desarrollada para trabajar con madera de pino y, en general, tiene una antigüedad de más de 10-15 años.

El patrón de aserrado más empleado en la Euroregión, es el de corte al hilo o paralelo. Como puede observarse en el esquema anterior, la aplicación de este sistema induce la aparición de curvaturas de cara en las primeras tablas, y el desarrollo de fendas en las piezas centrales.

Además, los cortes iniciales no sólo producen tablas con curvaturas de cara, sino que la porción de la troza que permanece en el carro suele curvarse ligeramente en sentido opuesto. Debido a esto, es normal que las primeras tablas aserradas presenten variaciones en su espesor con una sobredimensión



**FIGURA 4. DESPIECES CON GIROS DE LA TROZA PARA EVITAR EL DESARROLLO DE FENDAS EN LAS PIEZAS CENTRALES**

característica en la parte central de la tabla.

Entre los despieces alternativos tendientes a reducir la aparición de fendas durante el aserrado en grupo de cabeza, permitiendo controlar la liberación de tensiones y el tipo de deformaciones que se producen, cabe mencionar las siguientes opciones:



**FIGURA 5. ES POSIBLE EVITAR EL DESARROLLO DE FENDAS REALIZANDO UN PRIMER CORTE POR EL CENTRO DE LA TROZA, PARA CORTAR POSTERIORMENTE «AL HILO» CADA UNA DE LAS SEMITROZAS**

### Corte con giros

Para evitar el desarrollo de fendas en las piezas centrales, cabe la posibilidad de realizar una serie de giros durante el despiece (figura 4), evitando entrar en la zona central (se recomienda no cortar sin girar más de 2/3 del radio de la troza).

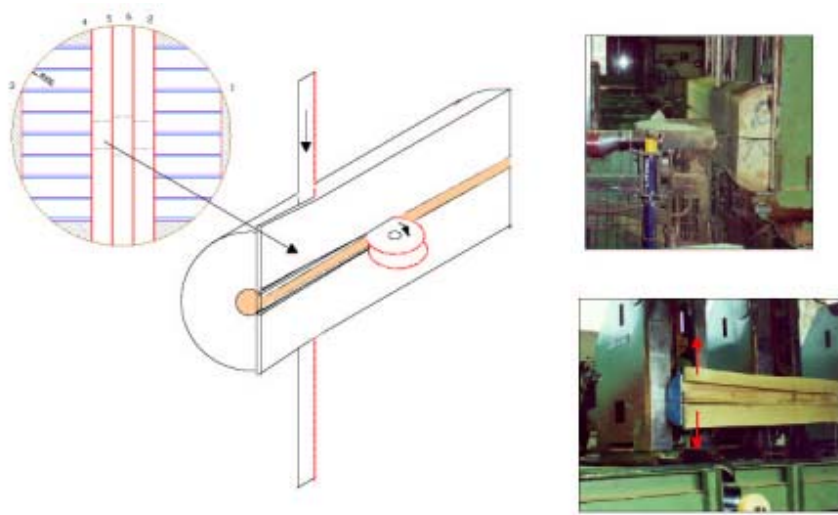
De esta forma se rompe la simetría de los esfuerzos que provocan tracción perpendicular, sustituyéndolos por una liberación de las tensiones en forma de esfuerzos que producen curvaturas de cara.

Este esquema de corte requiere

mayor tiempo de procesado por troza, lo que disminuye la producción del aserradero en el grupo de cabeza con respecto al corte al hilo.

### Corte al medio de la troza

Otro esquema que permite evitar el desarrollo de fendas consiste en realizar un primer corte por el centro de la troza (figura 5), normalmente siguiendo la mayor fenda de testa, para cortar posteriormente "al hilo" cada una de las semitrozadas. Con este método de despiece



**FIGURA 6. OTRA OPCIÓN PARA EVITAR EL DESARROLLO DE FENDAS, CONSISTE EN INCORPORAR A UN ESQUEMA DE CORTES PARALELOS, NUEVOS CORTES REALIZADOS DE FORMA SIMULTÁNEA CON UNA O VARIAS SIERRAS CIRCULARES HORIZONTALES**

ce, el primer corte provoca una gran liberación de tensiones.

En las piezas procedentes del corte al hilo de las semitrozadas, predominan las curvaturas de canto que pueden ser eliminadas durante el canteado final.

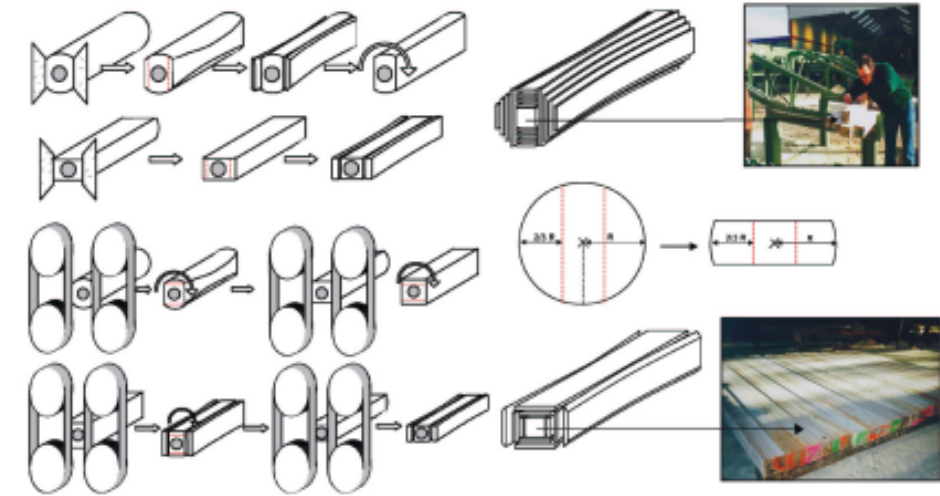
### **Incorporación de sierras circulares en el grupo de cabeza**

Un último ejemplo para evitar el desarrollo de fendas consiste en incorporar a un esquema de cortes paralelos, nuevos cortes realizados de forma simultánea con una o varias sierras circulares horizontales acopladas a la máquina de cinta (figura 6).

El corte de la sierra circular permite crear una «línea de referencia» a través de la cual se produce una fuerte liberación de tensiones, consiguiendo que las

tablas obtenidas no desarrollen nuevas fendas. Además, de este modo, se consigue reducir las deformaciones producidas durante el reaserrado posterior, al haber liberado previamente un porcentaje importante de las tensiones internas de la pieza.

La incorporación de dos sierras circulares es interesante, si se dispone, por ejemplo, de una canteadora automática como máquina de reaserrado. En este caso las dos sierras circulares permiten eliminar directamente en el grupo de cabeza la parte central del tronco con defectos, facilitando el posterior trabajo de la canteadora.



**FIGURA 7. EFECTO EN LA LIBERACIÓN DE LAS TENSIONES DE CRECIMIENTO EN GRUPOS DE CABEZA FORMADOS POR UN CHIPPER-CANTER CON SIERRAS CIRCULARES Y UN GRUPO DE SIERRAS ENFRENTADAS**

### **Sistemas de aserrado con cortes dobles y simétricos (sierras enfrentadas y chipper-canter con sierras circulares)**

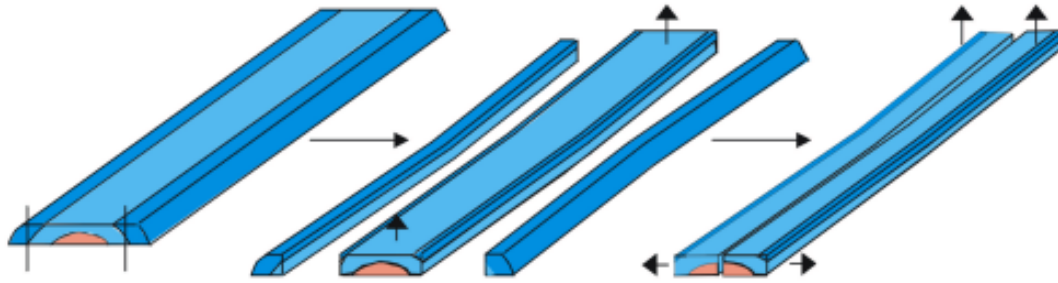
A pesar de las diferencias entre maquinaria, estos dos sistemas de aserrado producen un efecto similar desde el punto de vista de la liberación de tensiones de crecimiento.

Ambos sistemas permiten realizar cortes simétricos que equilibran parcialmente las curvaturas de cara y giros que limitan la aparición de fendas en las piezas centrales. Para evitar la aparición de fendas en las piezas centrales, debe cumplirse la recomendación general de que los cortes producidos en cada secuencia no se adentren en la troza una distancia superior a los dos tercios del radio.

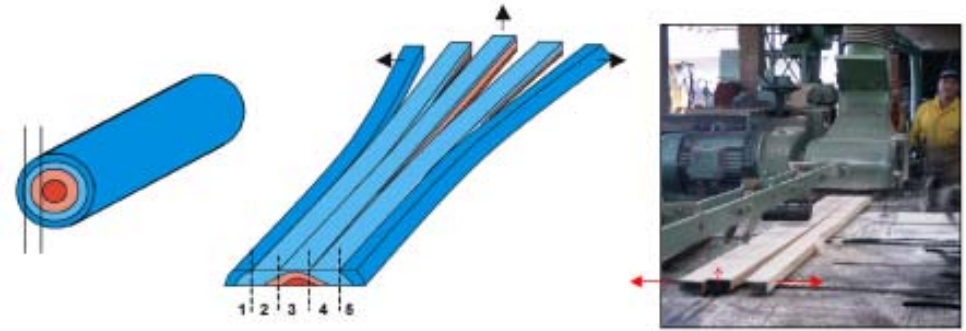
La figura 7 representa el efecto en la liberación de las tensiones de crecimiento de un esquema de corte empleando un chipper-canter con un grupo de sierras circulares.

Durante el primer corte, los chippers eliminan las fibras más tensionadas, mientras las sierras circulares obtienen tablas tangenciales respetando la recomendación de no adentrarse en la troza a una distancia superior a los dos tercios del radio. Una vez alcanzada esta distancia de seguridad, se produce el giro y se repite la secuencia de corte.

En el caso de las sierras enfrentadas el efecto es muy similar (figura 7). El giro de la troza puede producirse después de cada secuencia de corte, o bien producir cortes paralelos hasta



**FIGURA 8. DEFORMACIONES QUE SE MANIFIESTAN DURANTE LA LIBERACIÓN DE TENSIONES PRODUCIDA POR EL REASERRADO DE UNA TABLA TANGENCIAL**



**FIGURA 9. CUANDO EL REASERRADO PRODUCE UN NÚMERO IMPAR DE PIEZAS FINALES, LA TABLA CENTRAL SUELE ESTAR EQUILIBRADA, POR LO QUE LA LIBERACIÓN DE LAS TENSIONES DE PRODUCE DE FORMA SIMÉTRICA, SIN UNA RESULTANTE DEFINIDA Y POR LO TANTO SIN PRODUCIR CURVATURAS IMPORTANTES**

## Opciones de reaserrado

alcanzar la distancia de seguridad y girar la troza a continuación.

Empleando esquemas de corte como los descritos, ambos sistemas producen una liberación de tensiones simétrica y gradual que permite obtener un núcleo central prácticamente sin defectos como curvaturas o fendas.

Las tablas producidas tienden a desarrollar curvaturas de cara que presentan tensiones residuales internas que se liberarán durante su posterior reaserrado.

Durante el reaserrado continúan produciéndose deformaciones como consecuencia de la liberación de las tensiones de crecimiento residuales. En su mayor parte, estas nuevas deformaciones se producen en forma de curvaturas de cara y/o canto en las tablas finales, estando su importancia influenciada por el esquema de corte empleado en el grupo de cabeza.

### Reaserrado con fuerte liberación de tensiones de crecimiento

Entre las opciones que producen un reaserrado de este tipo se encuentra un grupo de cabeza formado por un carro con sierra de banda, empleando un esquema de cortes paralelos y una sierra múltiple de circulares para el reaserrado de los tablones.

Al finalizar el reaserrado, unas tablas

han desarrollado curvaturas de cara mientras otras presentan un predominio de curvaturas de canto, variando considerablemente los valores obtenidos entre unas tablas y otras.

De manera análoga al aserrado en el grupo de cabeza, es posible aplicar el mismo modelo teórico para interpretar las deformaciones que tienen lugar durante las distintas opciones de reaserrado de madera de eucalipto.

Por ejemplo, durante el reaserrado de una tabla tangencial (figura 8) las piezas laterales tenderán a desarrollar curvaturas de canto debido a la asimetría existente respecto al eje de la pieza, con sus cantos formados por las fibras sometidas a los mayores esfuerzos de tensión. Durante la liberación producida por el reaserrado, estas fibras se acortan induciendo la curvatura de canto de estas tablas.

En el caso de las piezas centrales con influencia de la zona de fibras comprimidas, la liberación de tensiones tiende a

provocar curvaturas de cara al acumularse el doble efecto producido por el acortamiento de las fibras sobre la cara superior de la tabla y el alargamiento de las fibras en su cara inferior.

De manera análoga, si la tabla reaserrada tiene un despiece radial, las piezas laterales tenderán a desarrollar nuevas curvaturas de canto.

A su vez, si el reaserrado produce un número impar de piezas finales, la tabla central (formada por las fibras sometidas a compresión) suele estar equilibrada por lo que la liberación de estos esfuerzos se produce de forma simétrica, sin una resultante definida y por lo tanto sin producir curvaturas (figura 9).

Por el contrario, cuando el reaserrado de un tablón tangencial produce un número par de piezas finales, generalmente la pieza central es aserrada a lo largo de la línea de máxima tensión. De esta forma se produce una importante liberación de las tensiones de crecimiento de las



**FIGURA 10. EL PRESECADO DE LA MADERA PRODUCE UN IMPORTANTE EFECTO EN LA REDUCCIÓN DE LAS DEFORMACIONES QUE TIENEN LUGAR DURANTE EL REASERRADO DE LA MADERA**

fibras comprimidas, que se alargan, rompiendo la simetría de la pieza y provocando la aparición de curvaturas de canto.

Por los motivos anteriores este esquema de aserrado se caracteriza por la aparición de curvaturas de cara y canto en los productos finales, cuya magnitud varía considerablemente de unas piezas a otras.

### **Reaserrado con liberación gradual de las tensiones de crecimiento. Tecnologías S.D.R. (Saw, Dry, Resaw)**

Después del aserrado en grupo de cabeza es posible provocar una liberación gradual de las tensiones de crecimiento antes del reaserrado final propiamente dicho, destacando entre las distintas opciones las tecnologías de tipo SDR (Serrar, Secar y Reaserrar)

En esencia, las tecnologías SDR producen tabloncillos de espesor fijo en el

carro principal que son secados hasta un contenido de humedad variable y reaserrados posteriormente hasta su ancho definitivo.

Estas tecnologías han sido ampliamente utilizadas por aserraderos de Norteamérica, Australia y Tasmania y es conocido que el proceso de secado permite «relajar» las tensiones de crecimiento en diferentes maderas optimizando su reaserrado posterior.

Durante el Proyecto CRAFT se realizaron varias experiencias para valorar este efecto en la madera de *E. globulus*. En todos los casos se presecó la madera hasta un contenido de humedad del 30%, en un periodo de tiempo razonable y con un bajo consumo energético.

En la primera experiencia se empleó un esquema que produce cortes paralelos en el grupo de cabeza para obtener tablas de 32 mm. de espesor y anchura variable. Una parte de estas tablas fue reaserrada directamente en

un grupo de sierras circulares hasta un ancho de 72 mm. La otra partida de tablas fue presecada y reaserrada posteriormente en el mismo equipo, de modo análogo al empleado anteriormente.

Los valores de las curvaturas de la madera presecada, fueron respectivamente el 60% y el 46% de los que presentaba la misma madera reaserrada en estado verde.

En otra experiencia, complementaria de la anterior, se realizó un canteado de las tablas previo a su entrada en el presecadero con el objetivo de facilitar su transporte y disminuir el espacio requerido para su apilado.

De este modo, los valores de las curvaturas de la madera canteada y presecada, obtuvieron un valor equivalente al 46% y 25% de las cifras correspondientes a madera procesada en estado verde.

En todos los casos, los resultados confirman el importante efecto

equilibrador que produce un presecado de la madera en las deformaciones que tienen lugar durante su reaserrado posterior (figura 10).



## Recomendaciones generales

Con independencia de la tecnología empleada, el aserrado de eucaliptos con tensiones de crecimiento requiere plantear estrategias de proceso que minimicen los defectos asociados a la liberación de las tensiones, y planteen despieces para obtener productos que permitan absorber la variación en sentido radial que se produce en las propiedades de la madera.

Como consecuencia de la liberación de las tensiones, pueden producirse dos tipos de defectos: fendas y/o curvaturas. Frente a estos defectos, existen opciones que permiten evitar el desarrollo de fendas en el grupo de cabeza para, posteriormente, orientar y/o disminuir las deformaciones que se producen durante el reaserrado.

Desde el momento en que es posible evitar el desarrollo de fendas en

el grupo de cabeza, se recomienda que las trozas entren en proceso en el mínimo tiempo posible a partir de su corta. Si fuese necesario que las trozas permanezcan apiladas en parque, su riego periódico ayudará a limitar el desarrollo de las fendas de testa.

La elevada densidad y dureza de la madera de *Eucalyptus globulus* exige robustez en la maquinaria de aserrado y una elevada potencia para poder trabajar a velocidades adecuadas.

En todos los casos se recomienda trabajar con madera descortezada, a fin de evitar los elementos abrasivos que incorpora la corteza de eucalipto, produciendo un rápido desgaste de la herramienta de corte. Además es frecuente que se produzcan atascos y otros problemas de operación en el funcionamiento de la maquinaria.

Es esencial considerar la variación que existe en las propiedades de la madera de eucalipto en sentido radial. Por ello, los esquemas de corte deben

distinguir las distintas zonas del tronco, en especial la influencia de la parte central que tiene una densidad muy reducida y concentra la presencia de nudos.

Al plantear estos despieces debemos considerar que la madera de eucalipto se encola sin dificultad, lo que permite aprovechar escuadrías reducidas de fácil secado en cámara, que podrán formar parte de un perfil laminado para carpintería o un tablero alistonado. Además, la albura es fácilmente impregnable con productos protectores y el conjunto de la madera tiene una muy buena aptitud para recibir acabados decorativos.

Por estos motivos, el aserrado de eucaliptos no debe basarse exclusivamente en la producción, sino que una parte de cada tronco debe orientarse a mercados para una frondosa de calidad.

Debido a las consideraciones anteriores, no existe una solución única

para serrar eucaliptos, siendo posible diseñar líneas específicas adaptadas a materia prima y/o productos concretos.

En cualquier caso, es posible mejorar sustancialmente la productividad de cualquier instalación de aserrado interesada en trabajar con eucaliptos y diseñar nuevas líneas con producciones inimaginables tan sólo unos años atrás.

## Bibliografía

PERAZA, F. 1995. "Estudio del procesado del eucalipto para su utilización como madera sólida". Boletín de información técnica de AITIM, 175.

CIS-MADERA, CIRAD-FORÊT, HERMANOS SÁNCHEZ PENA, PARQUETS LORENZO, MADERAS BETANZOS, MÖHRINGER, SARDINHA & LEITE. 2001. "RTD of sawmilling systems suitable for European *Eucalyptus globulus* affected by growth stresses". Cooperative Research Project FAIR MA2B-CT98-9579, Final Technical Report.

GIORDANO, G.; CURRÒ, P.; GHISI, G. 1969. "Contribution of the study of internal stresses in the wood of *Eucalyptus*". Wood Science and Technology, 3.

GIORDANO, G.; CURRÒ, P. 1973. «Observations concerning an unusual methods for reducing damage from

growth stresses in *Eucalyptus* sawn timber». International Union of Forest Research Organizations (IUFRO), 5.

HASLETT, A.N. 1988. "Handling and grade-sawing plantation-grown eucalypts". Forest Research Institute of New Zealand Bulletin, 142.

JACOBS, M.R. 1939. "The fibre tension of woody stems, with special references to the genus *Eucalyptus*". Bulletin Commonwealth Forestry Bureau, 22.

KUBLER H. 1987. "Growth stresses in trees and related wood properties". Forestry, 48 (3).

MALAN, F.S. 1979. "The control of end splitting in sawlogs: A short literature review". South African Forestry Journal, 109.

NICHOLSON, J.E. 1973. "Effect of storage on growth stress in mountain ash logs and trees". Australian Forest, 36.

SHIELD, E.; FLYNN, R. 1999. "Eucalyptus: Progress in higher value utilization. A global review". Robert Flynn & Associates. Economic Forestry Associates, WA98466, U.S.A.

TOUZA, M.; PEDRAS, F. 1998. «Posibilidades de aserrado de eucaliptos con elevadas tensiones de crecimiento». Revista del Centro de Innovación y Servicios Tecnológicos de la Madera, 1.

TOUZA, M. 2001. «Proyecto de investigación sobre sistemas de aserrado adecuados para procesar *Eucalyptus globulus* con tensiones de crecimiento». Revista del Centro de Innovación y Servicios Tecnológicos de la Madera, 6.

VIGNOTE, S.; MOLINERO, I.; GERARD, J.; DIETZ, M.R. 1996. «Estudio de las tensiones de crecimiento de *Eucalyptus globulus* Labill. en Galicia y su relación con las características de la estación y morfológicas del propio árbol». Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales, 5 (1).