



Departamento de
Agricultura de los
Estados Unidos

Servicio Forestal

Estación
Experimental
del Noreste

Reporte Técnico
NRS-41



Guía del Operador del Molino Preliminar

La teoría y la práctica de la eficiencia al cortar en un molino preliminar

Jan Wiedenbeck
Philip H. Mitchell
Bobby Ammerman
Daniel Saloni



LOS AUTORES

JAN WIEDENBECK es un líder de proyecto del Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América en la Estación de Investigación del Noreste en Princeton, West Virginia.

PHILIP H. MITCHELL es un especialista en productos de madera de la Universidad Estatal de Carolina del Norte en Raleigh, Carolina del Norte.

BOBBY AMMERMAN es un extensionista asociado de la Universidad de Kentucky en Quicksand, Kentucky.

DANIEL SALONI es profesor asistente en el Departamento de Papel y Maderas de la Universidad Estatal de Carolina del Norte en Raleigh, Carolina del Norte.

RECONOCIMIENTOS

Los autores desean agradecer la colaboración económica para esta traducción aportada por el Programa de Derechos Civiles del Servicio Forestal en la Estación de Investigación del Norte de los Estados Unidos de América, y del Centro de Recursos y Educación en Maderas. Nuestro principal colaborador de esta traducción fue la Dr. Sonia M. Bartolomei Suarez, Profesor, Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Puerto Rico, Mayagüez.

Foto de la portada: cortesía de Jan Wiedenbeck y Neal Bennett, Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América en la Estación de Investigación del Noreste

Documento recibido para su publicación el October 2008

Publicado por:
USDA FOREST SERVICE
11 CAMPUS BLVD., SUITE 200
NEWTOWN SQUARE, PA 19073-3294

Abril 2009

Copias adicionales:
USDA Forest Service
Publications Distribution
359 Main Road
Delaware, OH 43015-8640
Fax: 740-368-0152

Visite nuestra página de internet: <http://www.nrs.fs.fed.us/>

Prólogo

Para mantener su rentabilidad, las compañías de productos de madera requieren una recuperación eficiente de los productos que provienen de la madera. La habilidad de la compañía para obtener el mejor rendimiento en las operaciones de cortado de madera (ejemplo: los molinos preliminares) varía según la materia prima, los productos, los equipos y el ambiente de procesamiento, y el conocimiento y la habilidad de los operadores de los molinos preliminares. Este libro discute varios principios claves que pueden ayudar a los manufactureros a identificar y resolver problemas de rendimiento y producción.

En el 1981, Edgard K. Pepke y Michael J. Kroon publicaron la Guía del Operador de los Molinos Preliminares, de la cual se agotaron todos los ejemplares. Desde ese tiempo, la proliferación en tecnología de computadora ha cambiado la manera en que los molinos preliminares operan. Con los adelantos de la tecnología, surge la necesidad de educar a los operadores y los gerentes. Sin educación y entrenamiento, la tecnología es frecuentemente ineficiente, o peor aún, es perjudicial para las metas de mejorar el rendimiento de los molinos preliminares. Claramente, hay una necesidad por una versión de guía más actualizada. Sin embargo, muchos de los principios presentados por Pepke y Kroon son aún válidos. Ambos, la nueva tecnología con estrategias de procesamiento y los métodos previamente establecidos que aún aplican son discutidos en esta publicación “Guía de mejoramiento de los molinos preliminares para gerentes y supervisores,” y su acompañante, “Guía del Operador de los Molinos Preliminares 2004.”

Ambas publicaciones, ésta y la guía del operador, fueron inspiradas en el trabajo previo de Pepke y Kroon. Su guía del operador del 1981 ha estado en gran demanda por muchos años. Le damos gracias por la información que recolectaron y transmitieron en su publicación y el buen sentido que demostraron en desarrollar una guía que apunta a los operadores de los molinos preliminares. El desarrollo de la tecnología indudablemente va a continuar a pasos acelerados. Sin embargo, es nuestro deseo que los principios discutidos en este libro se mantengan válidos a través de los años al igual que los principios que originalmente fueron transmitidos por Pepke y Kroon.

Contenido

PRÓLOGO.....	i
SECCIÓN 1: REQUERIMIENTOS DEL RENDIMIENTO, VALOR Y CALIDAD DEL PRODUCTO.....	1
PROCESAMIENTO DE LA MADERA: EFICIENCIA, RENDIMIENTO Y VALOR	2
La Importancia del Rendimiento en los Molinos Preliminares.....	2
Medida de Rendimiento y Valor de las Piezas	2
IMPACTO DE LA MADERA EN EL RENDIMIENTO Y EL VALOR	6
Grado y Tamaño de la Madera	6
Impacto del Tipo de Madera en la Productividad y en los Costos de Operación	8
Impacto del Tamaño de la Madera en el Rendimiento y el Valor	8
GRADOS DE LAS PIEZAS E ITINERARIOS DE LOS MOLINOS PRELIMINARES.....	10
Tipo de Piezas y Rendimiento de los Molinos Preliminares.....	10
Itinerario del Tipo de Corte.....	10
SECCIÓN 2: SISTEMAS DE CORTES: MODERNOS Y TRADICIONALES	15
PROCESAMIENTOS TRANSVERSAL VS. LONGITUDINAL.....	16
Tipos de Madera	16
Ancho de la Madera	16
Longitud o Largo de la Madera.....	17
Tipos de Defectos	17
Tensiones de la Derechura y el Secado de la Madera	18
Requerimiento del Largo y Ancho de las Piezas.....	18
Requisitos en la Calidad de las Piezas.....	18
Número de Piezas Diferentes	18
Requerimientos del Volumen de Producción de Piezas	18
Capital Disponible.....	19
Requerimientos del Pegado y Especificaciones del Diseño de Muebles.....	19
Destrezas Laborales.....	19
OPERACIONES ÓPTIMAS EN UNA SIERRA MANUAL DE CORTE.....	20
Diseño de la Estación de Trabajo	20
Inspección de Tablas y Primer Corte.....	20
Removido de Defectos	21
Manómetro	23
Cepillado Permitido.....	24
Otras Consideraciones.....	25

MEJORAMIENTO DEL RENDIMIENTO EN LAS OPERACIONES DE LAS SIERRAS MANUALES DE CORTE LONGITUDINAL EN LOS MOLINOS PRELIMINARES DONDE EL CORTE TRANSVERSAL PRECEDE AL LONGITUDINAL	26
Prácticas en la Sierra de Corte Longitudinal para el Mejoramiento del Rendimiento	26
PRÁCTICAS EN LA SIERRA DE MÚLTIPLES CUCHILLAS EN EL MOLINO PRELIMINAR	31
Optimización del Rendimiento en la Sierra Múltiple	31
Optimización del Valor en la Sierra de Múltiples Cuchillas	33
Sierra Múltiple.	34
Responsabilidades del Operador de Control de Proceso.	35
OPTIMIZANDO OPERACIONES DE SIERRAS DE CORTE	36
Mayor Longitud Produce Mayor Rendimiento	36
Consideraciones Básicas para los Operadores de Sierra	36
Exactitud en el Mercado	38
Evaluación Continua del Desempeño de las Sierras	38
La Mejor Oportunidad... y el Mayor Fracaso.	39
SECCIÓN 3: PREPARACIÓN DEL PANEL, ENSAMBLAJE DE RETAZOS, Y OPERACIONES DE MOLDEO	41
OPERACIONES DE PREPARACIÓN DEL PANEL	42
Construcción de Bordes Apropriados para Pegar	42
Problemas Comunes del Pegado	43
Emparejamiento de la Fibra	45
Emparejamiento de Color	45
Ajuste del Tamaño del Panel	45
MEJORANDO EL RENDIMIENTO DE LOS MOLINOS PRELIMINARES CON EL ENSAMBLAJE DE RETAZOS	47
Consideraciones de Producción del Ensamblaje de Retazos.	47
Los Requisitos para Unir los Bloques con el Ensamblador de Retazos	48
MEJORAR EL RENDIMIENTO DE LOS MOLINOS PRELIMINARES EN LA MOLDURADORA	49
Tolerancia/Holgura de la Molduradora	49
Piezas Perdidas en los Ajustes.	49
Defectos de Máquina.	50
Defectos de Ocurrencia Natural	52
Defectos que no han sido Adecuadamente Removidos en los Molinos Preliminares.	52
APÉNDICE: LA MATEMÁTICA DE LOS MOLINOS PRELIMINARES, Y LOS DEFECTOS	53
MATEMÁTICAS DE MOLINOS PRELIMINARES	54
TIPOS DE DEFECTOS	55

SECCIÓN 1:
REQUERIMIENTOS DEL RENDIMIENTO,
VALOR, Y CALIDAD DEL PRODUCTO

Procesamiento de la Madera: Eficiencia, Rendimiento y Valor

La Importancia del Rendimiento en los Molinos Preliminares

Después que la madera ha sido secada en el horno, cortarla en componentes preliminares como piezas o bloques constituyen el próximo paso. Esta es la función de los molinos preliminares. El rendimiento de los molinos preliminares es una medida de la eficiencia estos al convertir la madera cortada en piezas útiles. En la manufactura de estas piezas, los molinos preliminares remueven las características de la madera no deseada o las partes defectuosas. Las piezas deben ser después enviadas al molde para ser acumuladas para luego ser pegadas para formar paneles. Esta sección explicará la influencia que tiene el rendimiento de los molinos preliminares en el costo del producto y sus limitaciones como una herramienta gerencial.

¿Qué es un rendimiento satisfactorio en los molinos preliminares? Esta pregunta es difícil de contestar. La variedad de factores que afectan el rendimiento de los molinos preliminares incluye: las especies de madera, la mezcla de los grados de madera, la calidad del secado de la madera, el tamaño de la madera, los tamaños de los cortes, la calidad de las piezas, la experiencia del operador, la capacidad y diseño de la planta y el plan de producción.

Durante dos décadas, la demanda de madera de alta calidad ha caído considerablemente y los costos de la madera han aumentado. En el 1999, el costo de la madera promedió el 50 por ciento del total del costo de la manufactura, en una muestra de plantas que producían piezas para manufacturas mobiliarias o de gabinetes en los EUA (Figura 1). Para la típica planta de muebles, la madera es usualmente el material de mayor costo y puede llegar a exceder un 12 por ciento del costo total de producción (Departamento de Comercio de los EUA 1999).

El costo de madera nativa continúa aumentando el precio del mobiliario. La diferencia en precio ha aumentado en la pasada década (Figura 2) (Departamento del Trabajo de los EUA 2000).

Como se ilustra en la Figura 3, según la madera es procesada su valor aumenta en cada paso de la operación. Un molino preliminar que procesa 12,000 pie-tabla (MBF) de madera seca por día valorado en \$900/MBF, puede ahorrar aproximadamente \$58,000 por día al mejorar en un uno por ciento el rendimiento del molino preliminar. El alto valor de la madera seca justifica el esfuerzo intenso por maximizar el rendimiento.

Medida de Rendimiento y Valor de las Piezas

Definición de rendimiento. Nuestra primera tarea es definir rendimiento y describir sus medidas. La definición básica de rendimiento en una planta de manufactura es la relación entre la cantidad de producto principal terminado y la cantidad de materia prima que se usa, expresado en porcentaje. Adicional podemos redefinir rendimiento para los molinos preliminares como la cantidad de piezas cortadas utilizables de una cantidad de madera dada.

Esto puede ser expresado como:

$$\% \text{ de rendimiento} = [(\text{Volumen de las piezas y paneles preliminares (bf)}) / (\text{Volumen de madera seca preliminar (bf)})] \times 100 \quad (\text{Ec. 1})$$

Rendimiento: un indicador de ejecución limitado.

El rendimiento puede ser utilizado para medir la efectividad de la operación de convertir la materia prima en productos con valor agregado. El rendimiento puede afectar directamente los costos de manufactura debido al gran impacto que ejerce sobre los costos de los materiales para las piezas, el cual resulta en un impacto en la rentabilidad. Sin

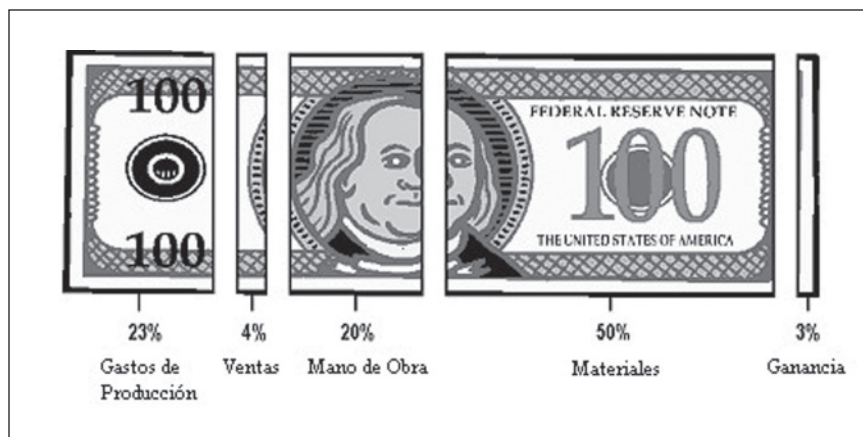


Figura 1.—¿Hacia dónde van los costos en la manufactura de los molinos preliminares? (Asociación de Manufactureros de Componentes de Madera 1999)

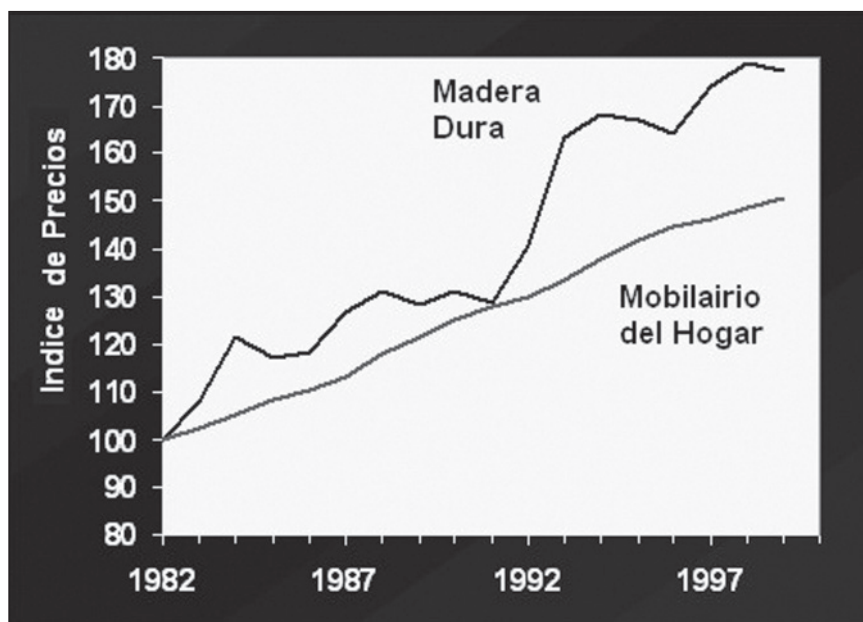


Figura 2.—Índice de precio para la madera Dura y el mobiliario del hogar, desde 1982.

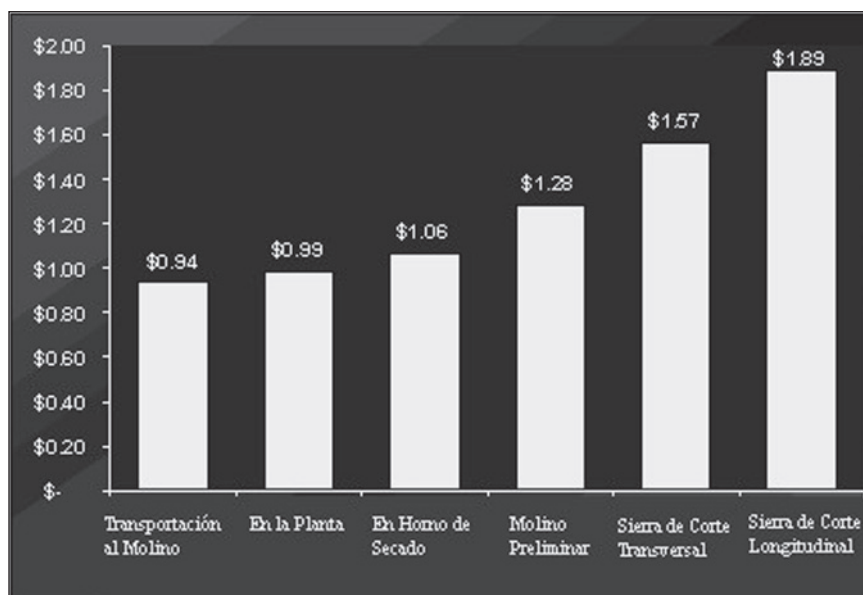


Figura 3.—Aumento aproximado en el valor de un pie-tabla (BF) de madera según es procesado en cada paso de la operación en los molinos preliminares (adaptado en el 2000 de Pepke y Kroon 1981 aplicando un factor de inflación de un 1.8).

embargo, el considerar sólo el rendimiento puede ser erróneo ya que el rendimiento no es el único factor en la ecuación de rentabilidad. Por consiguiente, se debe ser cuidadoso para asegurar que el rendimiento no sea sobre enfatizado en los escenarios de producción.

Se ilustrará con un ejemplo este punto. En dos casos separados, considere el costo de material requerido para producir 1 MBF de piezas (los costos de personal no se incluyen en estos cálculos). En el caso 1, se utiliza madera con una calidad común 1 con un costo de \$900/(MBF) para producir 1 MBF de piezas con un rendimiento de 53 por ciento. Como se muestra en el siguiente cálculo el costo madera con una calidad común 1 requerido para producir 1 MBF de piezas es \$1,698.

Caso 1: Común Numero 1

$$(1 \text{ MBF de piezas} / 53\% \text{ de rendimiento}) \times \$900 / \text{MBF de madera} = \$1,698 / \text{MBF de piezas}$$

En el caso #2, la misma cantidad 1 MBF en la orden de cortes son producidos cortando 2,632 pies tabla de la madera común 2 con un costo de \$600/MBF pero con un rendimiento de solo un 38 por ciento. El costo de la madera para producir 1 MBF de piezas es \$1,579.

Caso 2: Común Numero 2

$$(1 \text{ MBF de piezas} / 38\% \text{ de rendimiento}) \times \$600 / \text{MBF de madera} = \$1,579 / \text{MBF de piezas}$$

En el ejemplo, podemos ver como aunque el rendimiento es reducido con la madera común 2, al pagar 33 por ciento menos por la madera los costos asociados con la disminución en el rendimiento es compensado. El costo de material para 1 MBF de piezas fue reducido de \$1,698 a \$1,579. Por supuesto, se requiere más trabajo con madera de calidad inferior, y esto en cierta forma, reduce el ahorro obtenido en los costos de la materia al usar la madera de calidad inferior.

La conclusión principal en este ejemplo es que el rendimiento por si solo no provee el panorama completo de la rentabilidad en los molinos preliminares. Sin embargo, el mejoramiento del rendimiento puede impactar la rentabilidad ampliamente.

El Concepto del Costo Menor: un mejor enfoque.

Para muchas operaciones, los molinos preliminares procesan casi toda la materia prima (madera) utilizada en los productos finales. Esto presenta una oportunidad para los molinos preliminares para impactar la rentabilidad global al maximizar el valor de los productos producidos y minimizar los costos de manufactura. La relación entre rentabilidad, el valor del producto y el costo de manufactura es simple:

$$\text{Rentabilidad} = \text{Valor de las Piezas Producidas} - \text{Costos de Manufactura} \quad (\text{Ec. 2})$$

Examinemos la ecuación de rentabilidad para determinar el aporte del personal de los molinos preliminares para aumentar la rentabilidad de éstos. Primero, los costos de manufactura serán considerados mediante la revisión sus dos principales componentes. Si sólo los costos directos son considerados y se ignoran los costos indirectos asociados con los gastos generales de la industria, entonces un estimado de los costos de la manufactura puede ser obtenido fácilmente:

$$\text{Costos de Manufactura} = \text{Costos de Madera} + \text{Costos de Personal} \quad (\text{Ec. 3})$$

Obviamente, la meta en los molinos preliminares es producir un producto con el costo mínimo de manufactura por pie-tabla, una idea comúnmente llamada concepto del costo menor. Una manera de reducir el costo de manufactura por pie-tabla, mientras se mantiene el costo de manufactura constante del producto, es aumentar el volumen del producto.

Un ejemplo simple ilustrara los cálculos del costo de manufactura por pie-tabla del producto utilizando solo los costos de personal y madera. Estos dos casos demuestran el uso del concepto del costo menor, y resaltan el impacto potencial o proyectado (ver Tabla 1) que el mejoramiento en el rendimiento de la piezas de los molinos preliminares puede tener sobre el costo de la manufactura por pie-tabla.

Aumentar el rendimiento en un uno por ciento va aumentar el volumen de las piezas producidas en 120 bf por día. Este aumento en producción ha ocurrido sin aumentar el costo total de manufactura.

En base a unidades, el aumento de un uno por ciento en el rendimiento ha disminuido el costo por unidad por lo menos en un dos por ciento, lo que en los molinos preliminares es valorado en \$58,000 anuales.

En resumen, no se considera como rendimiento las medidas apropiadas para determinar cuán bien un molino preliminar opera, sino el costo de manufactura por unidad producida. El objetivo es minimizar el costo por unidad, el cuál algunas veces es llamado costos menores.

Tabla 1.—El efecto del mejoramiento del rendimiento en los costos de un pie-tabla de piezas en la manufactura. Ejemplo del uso del concepto costo menor.

	Caso 1 Actual	Caso 2 Proyectado
Rendimiento de las Piezas	53%	54%
Utilización de la Madera por Día	12 MBF	12 MBF
Costo de la Madera	\$900/MBF	\$900/MBF
Costos/Día		
Madera	\$10,800	\$10,800
Labor	\$1,792	\$1,792
Total de Costos/Día	\$12,592	\$12,592
Producción de Piezas		
Piezas Producidas/Día	6,360 pie-tabla (bf)	6,480 pie-tabla (bf)
Costos de Piezas/Millones de pies tabla piezas	\$1,979.87	\$1,943.21
Costo de Piezas/bf de piezas	\$1.98	\$1.94

Impacto de la Madera en el Rendimiento y el Valor

Grado y Tamaño de la Madera

La mayoría de los gerentes de los molinos preliminares escogen una variedad de tipos de madera para un tipo de corte en particular basado en la madera disponible en el inventario, en los suplidores y en las variedades de tipos de madera estándares para el molino. La variedad estándar ha evolucionado a través del tiempo basado en observaciones de cuáles son los tipos de madera que mejor manejan los molinos con producción y rendimiento aceptable. Sin embargo, la variedad estándar puede que no sea la mejor para un tipo de corte específico o para una especie versus la otra. Incluso, para un tipo de corte, la mejor variedad puede cambiar cuando el precio de la madera cambia, cuando la longitud y el ancho del inventario de madera cambian, cuando cambian los equipos en los molinos o la habilidad del operador; o cuando hay cambios en los tipos de corte tales como: número de piezas, precio, tamaño y calidad de las piezas o cuando ocurre un cambio en el tiempo de producción.

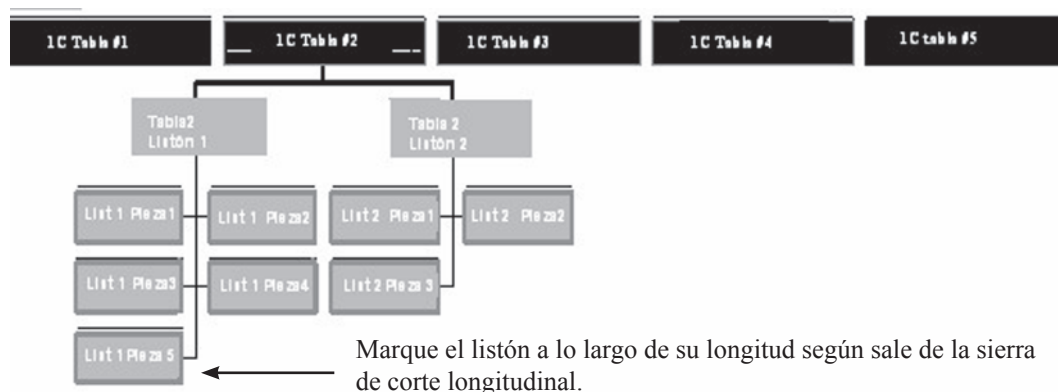
Escoger la mejor mezcla de tipos de madera no debe ser una decisión única para todas las especies y todos los tipos de cortes (excepto para los molinos que se enfocan en un producto específico y que producen piezas del mismo tamaño utilizando las mismas especies todos los días). Escoger la mejor variedad en madera tampoco debe ser un evento aislado o realizarse una sola vez al año. Esto debe realizarse cada vez que el precio de la madera, los productos o las operaciones de los molinos cambien.

Al escoger la mejor variedad de tipos de madera, es beneficioso que se conduzcan estudios frecuentes en los molinos utilizando muestras de pedazos de madera de una clasificación específica (ejemplo: 5 pedazos). El diseño básico para estos estudios

de rendimiento, a pequeña escala, se muestra en la Figura 4. Estas muestras son observadas en los molinos y se calcula el rendimiento a base de un conteo en la estación de clasificación. Para cada tipo de madera se pueden llevar a cabo varias pruebas en un mismo día con poca interrupción. Si esto se hace para cada tipo de corte específico, el gerente del molino podrá contestar preguntas tales como: ¿Cuál es la mejor variedad de tipos de madera para correr este tipo de corte en este molino dado el precio actual, equipo, etc.?; ¿Cuál es la mejor variedad de tipos de madera para correr este tipo de corte en este molino dado el precio actual, equipo, etc.?; ¿Cuál es el precio de venta, que resultaría en un punto de quiebre, para cada tipo de madera y cada tipo de corte?

El rendimiento de las operaciones reales típicamente es menor, ya que el potencial en el rendimiento aumenta cuando la optimización es completa como es el caso de la Tabla 2. Cuando se procesa la madera común Núm. 1, la configuración donde el corte longitudinal se hace primero, produce consistentemente mayor rendimiento de las piezas que la configuración donde se comienza con corte transversal (6 de 7 tipos de corte). Cuando se procesa la madera común Núm. 2A, en las piezas C2F, la configuración donde el corte transversal se hace primero, produce mayor rendimiento de las piezas que la configuración donde se comienza con corte longitudinal, aunque con menos consistencia. (4 de 7 tipos de cortes). Cuando para un tipo de corte, requiere piezas más anchas de la madera común Núm. 2A, la configuración de corte transversal supera a la longitudinal. Para piezas más estrechas (menores de 3.5 pulgadas), el sistema de corte longitudinal se desempeña mejor.

- I. Selecciona al azar cinco pedazos de madera de un sólo tipo y longitud. Mida y registre (la medida) el área de superficie, longitud, ancho y curvatura. Marque los extremos de cada tabla con un crayón.
- II. Ponga una marca con el crayón a lo largo de la longitud de los listones según salga de la sierra de corte longitudinal (antes de que avancen a la sierra de corte transversal). Haga un conteo de puntos del número de listones de cada uno de los cortes resultantes de los 5 pedazos de madera.
- III. Envíe todos los listones a la misma sierra de péndulo (1 o 2) para consistencia en la comparación.



- IV. Haga un conteo por tamaño (largo) del número de piezas obtenido de los listones. Cuente las piezas producidas clasificándolas por el ancho de los listones que las producen (en la hoja de muestreo use una columna por cada medida de ancho).
- V. $\text{Número de Piezas} \times \text{Longitud de la Pieza} \times \text{Ancho de la Pieza} / 144 = \text{medida de la superficie (MS) de las piezas de un tamaño recuperado dado.}$
- VI. Suma las (MS) para todos los anchos y largos de las piezas y divídalo por la medida de la superficie de los pedazos originales para obtener el rendimiento del molino.
- VII. Realice el estudio por lo menos tres veces con el mismo tipo y largo de madera, y luego repítalo con otras longitudes y tipos.
- VIII. Realice la serie de estudios de rendimientos descrita anteriormente para todas los tipos de corte importantes.

Figura 4.—Pasos a seguir para conducir un estudio, a pequeña escala, del rendimiento de los molinos preliminares para una muestra de cinco pedazos de madera.

Tabla 2.—Tabla de Referencia del rendimiento generalizado de las piezas en los molinos de corte transversal y longitudinal para diferentes tipos de madera.

Tipo de Molino Preliminar	Primero Corte Longitudinal					Primero Corte Transversal			
	FAS ^a	1C ^b	2C ^b	1C ^b	2C ^b	1C ^b	2C ^b	1C ^b	2C ^b
Tipo de la Madera	C2F	C2F	C2F	C1F	C1F	C2F	C2F	C1F	C1F
Calidad del Corte	74	65	51	75	66	64	53	70	64
Rendimiento (%)									

^a FAS, primeros rendimientos del molino de corte longitudinal están basados en la simulación de 12 tipos de corte.

^b No. 1 y 2A La mayoría de los rendimientos están basados en simulaciones para los mismos siete tipos de corte en ambos molinos. Éste fue un análisis riguroso que permitió la comparación directa de las diferencias relativas en el rendimiento esperado para madera C1 y C2 cuando se usa una variedad de tipos de corte.

Impacto del Tipo de Madera en la Productividad y en los Costos de Operación

Alto rendimiento de la madera, no necesariamente se traduce en mayores ganancias. El elemento costo debe ser considerado para cada decisión. Aunque el precio de compra madera de superior calidad es más alto que el de la madera de inferior calidad, el costo de procesamiento de baja calidad es usualmente más alto que para maderas de alta calidad ya que requiere más operaciones de corte para separar los pedazos de madera utilizables de los defectuosos. Para maderas FAS (la madera dura de más alta calidad), la mayoría de los cortes son para lograr las medidas requeridas de las piezas ya se necesita remover muy pocos defectos. Además, la mayoría de los cortes que se hacen en maderas de calidad superior son para piezas primarias, mientras que puede ser muy costoso rescátela recuperación de piezas defectuosas. Otros costos asociados con el procesamiento de madera de baja calidad que son difíciles de cuantificar son: una gran tasa de rechazo de piezas (debido a defectos de la madera o defectos porque la máquina hace el corte transversal muy ceca del nudo de la madera) y un aumento del tiempo de inspección de los operadores tratando en la toma de decisión en relación con la clasificación de la pieza y la relevancia de cada imperfección.

Impacto del Tamaño de la Madera en el Rendimiento y el Valor

La longitud de la madera afecta el rendimiento de las piezas y el valor de varias formas. Obviamente, se necesitará una cantidad mayor de pedazos de madera, cuando se quiere obtener piezas más largas a partir de maderas cortas (ejemplo: 4 a 8 pies de largo). En los casos que se requieran piezas de menor longitud las maderas cortas son apropiadas. En un sistema donde el corte transversal es primero, para algunos tipos de cortes, las maderas largas producen mayor rendimiento en piezas que las maderas cortas. Esto es así porque hay más maneras

de combinar los largos requeridos para lograr una pieza más larga. Así, hay menor pérdida en el rendimiento potencial asociado con los desechos del corte transversal. Además, un ajuste de 2 pulgadas en el cepillado de una pieza corta representa mayor pérdida de rendimiento que si se hiciera en una pieza larga. Por el contrario en las operaciones donde el corte longitudinal se hace primero, las maderas cortas pueden tener mayor rendimiento (típicamente de 1 a un 3 por ciento) que las maderas largas. Esto se debe primordialmente a que las maderas largas tienden a tener mayor curvatura y como consecuencia producen bajo rendimiento de listones cuando pasan a través de la sierra de corte longitudinal. El ancho de la madera también impacta el rendimiento de los molinos preliminares, particularmente cuando se utiliza madera mas estrecha en los molinos preliminares donde el corte longitudinal es primero. Este impacto es más significativo en las sierras de cuchillas múltiples con ejes fijos y cuando hay un número limitado de anchos de piezas en los tipos de corte. Claro está, que piezas más anchas son difíciles de obtener de maderas estrechas y tipos de cortes anchos producirán más desechos en maderas estrechas. El impacto del ancho de la madera en el rendimiento de los molinos preliminares de tipo corte longitudinal puede ser tan crucial que obligue a la compra de madera de alta calidad para algunos tipos de corte.

La madera FAS (1ra clase-de una cara) es más ancha que las maderas de tipo Selecto o Común. Las diferencias de ancho pueden ser grandes. Por ejemplo: el ancho promedio del roble rojo de grosor 4/4, medido en pruebas de molinos en el 1990 fue de 7¾ pulgadas, mientras que el ancho promedio de madera tipo Selecto estuvo cerca de los 5¼ pulgadas. El ancho promedio de la madera común tipo 1, fue de aproximadamente 7 pulgadas mientras que el ancho promedio de la madera común tipo 2A fue de 5¼ pulgadas.

La eficiencia de procesamiento es importante cuando comparamos las dimensiones de la madera. Si lo vemos desde la perspectiva del manejo de materiales es mas fácil, en operaciones manuales, manejar maderas cortas y estrechas que maderas largas y anchas. Aún así, la productividad es usualmente mayor cuando se procesa madera ancha

y larga que cuando se procesa madera estrecha y corta, ambas de la misma calidad. Sin embargo, la diferencia en productividad no es tan grande en sistemas automatizados. Procesar maderas cortas y estrechas con sistemas automatizados puede ser más problemático y menos eficiente ya que hay menos pies de madera en cada pedazo.

Grados de las Piezas e Itinerarios de los Molinos Preliminares

Tipo de Piezas y Rendimiento de los Molinos Preliminares

Los requerimientos de calidad de cada pieza manufacturada en los molinos preliminares son dictaminados por el diseño del producto final. La mesa de un juego de comedor con un alto acabado de brillo requiere que se utilicen componentes transparentes para la madera, en cambio, para tocadores de cuarto rústicos se incorporan piezas que contienen algunas características naturales de la madera. Es necesario establecer los estándares necesarios de tipo o calidad de las piezas para asegurar que los estándares de los productos sean mantenidos y que el rendimiento de las partes y la productividad sean maximizados en los molinos preliminares. A menudo la meta establecida de la industria de la madera es fabricar piezas sanas y sin defectos. Es responsabilidad del gerente definir y poner por escrito, las especificaciones de los tipos de piezas, las características permitidas y los requerimientos de cada producto. Este paso puede ser un compromiso importante. Es la tarea del gerente y el supervisor asegurar que las especificaciones de los tipos de piezas sean claramente comunicadas, entendidas y seguidas por el operador. Esto puede consumir tiempo, especialmente en operaciones con una alta rotación de empleados. Las siguientes acciones pueden ayudar a reducir la duplicidad de los esfuerzos gerenciales:

- Los niveles de calidad deben estar escritos.
- Las especificaciones de calidad deben ser incluidas en la hoja de ruta de las piezas y las órdenes de corte.
- Se deben preparar muestras de piezas y paneles que indiquen los defectos aceptables e inaceptables (incluyendo las piezas que tendrán un pueden recuperarse).

Un esquema de gradación puede definir los requerimientos de los diferentes tipos de las piezas como: De una cara sana (C1F), de dos caras sanas (C2F), satisfactoria y re-procesable. Adicionalmente, las especificaciones de los tipos de las piezas pueden enfocar preguntas tales como:

- ¿Son permitidos los nudos?
- ¿Se pueden incluir pequeños nudos que emergen?
- ¿Existen limitaciones donde ocurren los nudos?
- ¿Están permitidas las variaciones de color en la madera dura?
- ¿Se pueden incluir las piezas no desbastadas?
- ¿Se pueden considerar piezas rescatadas?
- ¿Hay requerimientos de fibra (para cortes planos y cortes en cuartones)?
- ¿Son permitidas las líneas de pegamento o las piezas necesitan verse uniformes?

Investigaciones indican que el permitir pequeños defectos (ejemplo: menor de ½ pulgada de diámetro) en el lado posterior de las piezas aumenta el rendimiento en los molinos preliminares aproximadamente 2 por ciento (comparado con C2F) cuando es procesado en madera común 2A. Si se permiten defectos de tamaños moderados (< 1 pulgada), el aumento esperado en el rendimiento es de 3.7 a un 3.9 por ciento (comparado nuevamente con C2F).

Itinerario del Tipo de Corte

Hacer el itinerario de producción de piezas en los molinos preliminares es una tarea ardua. El planificador debe considerar las piezas necesarias de cierto grosor y especie requerido para las próximas semanas. También, el planificador debe considerar cuanto tiempo llevará la fabricación de estas piezas, la madera de construcción disponible (calidad,

grosor, especie) y balancear estas necesidades con las necesidades programadas de otras especie/pieza/grosor. Hasta cierto punto, una de las metas del planificador es reducir al mínimo los cambios de especie y grosor en los molinos preliminares. Por supuesto, esto se debe balancear con los requisitos de las piezas y los horarios especificados en la lista del corte obtenido de la oficina principal.

Aunque la programación puede ser una tarea compleja, estos cuatro principios ayudarán a mantener el rendimiento en molinos preliminares.

1. Decida cuántas piezas distintas deben ser cortadas. Un factor predominante que determina el rendimiento de molinos preliminares es el número de las piezas que se pueden cortar en un momento dado. Generalmente, cuanto mayor sea el número de piezas fabricadas de diversos tamaños, más grande es el número de las combinaciones posibles que serán apropiadas para cortar una tabla y por lo tanto el rendimiento aumentará.

Para cualquier sistema de optimización computarizado de corte, el mantener el número más grande de combinaciones posibles de tamaño de piezas es de gran importancia para tomar ventaja completa del poder computacional que proporciona la tecnología. Para los molinos preliminares de corte longitudinal y con eje fijo, la sierra múltiple debe cortar un mínimo de tres anchos diferentes, y preferiblemente por lo menos cinco anchos diferentes. En la sierra de corte transversal, es preferible que se corten una combinación de 10 a 15 longitudes de piezas por ancho/tipo de listones con un mínimo aceptable de 5 longitudes. Para muchas operaciones de corte longitudinal múltiple el factor limitante es el espacio. Por ejemplo, molinos preliminares que cortan cuatro anchuras en la sierra de múltiple de corte longitudinal y luego corta hasta 10 diferentes longitudes de piezas por cada uno de éstos, tienen que clasificar 40 tamaños de pieza diferentes.

En las operaciones donde el corte transversal se hace primero, cuanto mayor es el número de secciones cortadas simultáneamente, mayor es el número de combinaciones disponibles para lograr el largo completo de la madera. En los molinos que utilizan las sierras óptimas de corte transversal, el cortar de 10 a 15 diversas longitudes proporcionará suficientes combinaciones de longitudes para utilizar eficientemente la longitud total de la tabla. Para el molino de corte transversal convencional, de cinco a nueve longitudes bien distribuidas ayuda a mejorar el rendimiento.

La calidad de la pieza es otra característica del producto que también es un factor en la determinación del rendimiento. El uso de múltiples tipos de piezas puede mejorar el rendimiento de las piezas que se sacan de la madera.

2. Decida qué piezas se deben cortar primero.

Usualmente, la mejor estrategia es comenzar a cortar los tamaños más difíciles primero—las longitudes más largas o las anchuras más extensas—incluyendo aquellas partes que se necesitan en grandes cantidades que requerirán muchos pies de madera. El planificador también necesita tener presente que longitudes más cortas se pueden generar durante la operación de rescate de piezas y pueden no necesitar ser programadas en las operaciones primarias de corte. Al mismo tiempo, sin embargo, cuando se están cortando las longitudes largas (más de 50 pulgadas) (manualmente o en la sierra optimizadora de corte), el incluir longitudes medias y cortas en la lista del corte reducirá la pérdida en el extremo de la tabla o el listón. Similarmente, si listones de 4 pulgadas o más de ancho son cortadas longitudinalmente de una madera de construcción que tiene en promedio 6 pulgadas de ancho, el incluir listones de anchos fijos más estrechos en la lista del corte reducirá al mínimo el desperdicio en los bordes de los listones.

La lista de las longitudes que simultáneamente se cortarán en la sierra de corte debe consistir en longitudes y combinaciones de longitudes que llenarán vacíos en la tabla. Los vacíos grandes, especialmente entre las longitudes más cortas, son perjudiciales.

En molinos preliminares de muebles, la manufactura de paneles con bordes pegados puede ser una parte significativa de la producción total. En la línea de corte longitudinal, en operaciones donde el corte transversal es primero, es importante que los sólidos con anchuras fijas y anchuras casuales se corten simultáneamente.

3. Decida qué madera de construcción se debe utilizar para la orden de corte. Muchas operaciones de molinos preliminares podrían hacer un mejor trabajo al seleccionar los tipos de madera que llenan eficientemente los requisitos de la orden de corte. A menudo, el procedimiento estándar es el de utilizar el paquete de madera más accesible, muchas veces sin tomar en cuenta la calidad. La solución ideal es utilizar las maderas de menor calidad (las más económicas) de las cuales se puede obtener eficientemente las piezas requeridas.

Hay muchas razones por las que un molino preliminar puede que no use la combinación de madera clasificada de menor costo para cumplir con las órdenes de corte. La tendencia es utilizar madera de calidad más alta que la requerida para la orden de corte.

El tamaño de la madera se debe tomar en consideración con relación a los productos y a los procesos. Algunos de los potenciales impactos son:

- La longitud de la madera relativa a la longitud del producto y la combinación de longitudes.
- El impacto potencial de la curvatura en maderas largas que provienen de las operaciones de corte longitudinal.

- La pérdida de rendimiento y productividad cuando se usa madera estrecha en operaciones de corte longitudinal, especialmente si el ancho de la madera no para con el ancho del producto y se usa un eje de cuchilla fija.
- La baja tasa de utilización en las máquinas resulta en una baja productividad que ocurre cuando se procesan tablas cortas y estrechas.

4. Control del número de longitudes a ser cortadas en las sierras. No debe darse demasiada importancia a controlar el número de longitudes de secciones que son cortadas en la sierra de corte transversal o en las sierras de corte longitudinal. A menudo al final de la orden de corte, la sierra de corte puede cortar solamente una o dos longitudes restantes. Cuando se reduce significativamente el número de longitudes, el operador de la sierra de corte (o la sierra óptima) no tiene otra opción que desperdiciar madera.

Cuando las cantidades necesarias para las longitudes específicas se alcanzan, es importante sustituir esas piezas por otras piezas similares en longitud, comenzando con la siguiente más complicada. Este es el caso en la sierra de corte transversal si se están cortando solamente cinco longitudes. Cuando la orden de corte no requiere longitudes largas, o mientras las cantidades requeridas de longitudes largas se cumplan, puede ser posible reducir el número de las longitudes que son cortadas sin sacrificar el rendimiento. El cortar pocas longitudes puede ser permitido si las longitudes son cortas.

El aumentar el tipo y la longitud de las piezas que se procesan simultáneamente en molinos preliminares mejorará el rendimiento haciendo que la razón de piezas rechazadas no aumente como resultado del cambio. Las sierras optimizadoras permiten que los molinos procesen eficientemente, estas órdenes de corte más grandes y más complejas, pero las limitaciones impuestas por la capacidad

insuficiente para clasificar frecuentemente limita esta oportunidad de mejoramiento del rendimiento. La planificación de la producción de piezas y la selección de paquetes de madera para optimizar el rendimiento es una tarea compleja que puede tener un impacto enorme en el rendimiento de molinos preliminares. La persona o las personas asignadas a

esta tarea debe tener conocimiento de los inventarios de madera seca, de la fecha de entrega de las órdenes, de horarios de producción, y de la razón de rendimiento de molinos preliminares. Finalmente, ellos deben entender cómo sus decisiones afectarán el rendimiento y los costos de las piezas.

SECCIÓN 2:
SISTEMAS DE CORTES:
MODERNOS Y TRADICIONALES

Procesamientos Transversal vs. Longitudinal

¿Debemos realizar primero el corte transversal o el longitudinal en los molinos preliminares? Hay buenas razones del por qué esta pregunta se hace para algunos molinos preliminares. Esta decisión depende de muchos factores y algunos de los más importantes están sujetos a cambios día tras día o al menos año tras año. Hay al menos 12 factores que afectan la decisión del orden de corte en la producción:

1. Tipo de madera
2. Ancho de la madera
3. Longitud de la madera
4. Tipos de defectos
5. Rectitud y tensiones del secado de la Madera
6. Longitud y ancho necesarios para las piezas
7. Calidad requerida de las piezas.
8. Número de piezas diferentes
9. Requerimientos de volumen de las piezas
10. Capital disponible
11. Requerimientos de pegamentos y especificaciones del diseño de productos
12. Destrezas del personal

Los primeros cinco factores son características de la madera. Los factores del 6 al 9 son requerimientos especificados por el tipo de corte y los factores del 10 al 12 están relacionados a las características generales de la empresa. Debido a que las características de la madera y los requerimientos en el tipo de corte pueden cambiar diariamente, la decisión entre el molino transversal o el longitudinal puede ser un trabajo tedioso. En consecuencia, algunos gerentes de los molinos preliminares están optando por diseñar los molinos de ambas maneras o por mantener ambas capacidades de procesamiento al modernizar el sistema.

Tipos de Madera

Los tipos de maderas intermedias (Ejemplo: Núm. 1 y Núm. 2A Común) producen un rendimiento más

alto en piezas largas cuando se usa el sistema de corte longitudinal en comparación con el sistema de corte transversal. De hecho, algunos gerentes de molinos han informado que adoptar el sistema de corte longitudinal reduce la variedad de tipos y por ende se reducen los costos y estos ahorros compensan casi inmediatamente el capital invertido. Esto resulta más evidente cuando los operadores de sierras de corte transversal y los encargados de marcar la madera de corte transversal son menos experimentados. La decisión de qué defectos descartar en el corte transversal y cuál dejar para removerlo después del corte longitudinal es difícil aún para los operadores experimentados.

Otro factor a considerar cuando se procesa madera de baja calidad es la productividad. En general, en las operaciones de corte longitudinal se puede procesar 20 por ciento más madera que en las operaciones de corte transversal por cada hora de trabajo. Cuando el corte es longitudinal existen dos inquietudes en cuanto a la producción en relación con los tipos de madera: 1) los tipos de madera FAS y F1F usualmente son más anchos en promedio que los tipos 1C, 2AC, y 3AC, y mientras más ancha es la madera hay más productividad y 2) si la madera es de baja calidad se rompe en las máquinas más a menudo que la de alta calidad causando atraso en la producción. En contraste en un molino de corte transversal hay un gran impacto en la productividad relacionado al tipo de madera: las sierras de corte transversal deben hacer 70 por ciento más cortes cuando procesan madera tipo 1C en comparación con el tipo FAS y 200 por ciento más cortes cuando cortan 2AC versus FAS.

Ancho de la Madera

Las maderas más anchas típicamente rinden más volumen cuando se cortan en un sistema donde el

corte longitudinal es primero en comparación con el sistema donde el corte transversal ocurre primero. Esto ocurre primordialmente por la dificultad asociada a la optimización de la decisión del corte transversal cuando se procesan maderas anchas. Para maderas estrechas, cuyo ancho es menor a 4.5 pulgadas, la decisión de como cortar de la mejor forma una tabla, resulta relativamente fácil para el operador de la sierra de corte transversal. De esta manera, un molino que procesa grandes cantidades de maderas estrechas puede ser muy eficaz en producción con el sistema de corte transversal, y una tabla estrecha en un molino de doble acción puede ser enviada a la línea de corte transversal.

Longitud o Largo de la Madera

Si nos basamos en el largo de la madera, la ventaja de procesar transversalmente primero versus procesar longitudinalmente primero es ambigua. Si las maderas son rectas (con poca o ninguna curvatura), las maderas largas (cuyo largo es mayor a 11 pies) producen rendimientos relativamente más altos que las maderas cortas (cuyo largo es menor a 9 pies) en ambos sistemas, longitudinal y transversal. Las maderas que están dobladas o tienen curvatura producen mejores cortes en sistemas de corte transversal que en cortes longitudinales. La madera mas corta (de 4 a 7 pies) puede producir un ligero aumento en el rendimiento que las maderas de 8 pies de largo o mayores en el sistema de corte longitudinal pero las ganancias en el rendimiento raras veces compensa los efectos negativos de producción que surgen cuando se procesan maderas cortas. Si la madera es predominantemente corta (menos de 10 pies) y se están cortando tipos de piezas largas, el proceso de corte longitudinal producirá una mayor proporción de las piezas largas requeridas. Si la operación está concentrada en especies que tienden a tener grietas en los extremos y las grietas son numerosas en maderas secas, el procesamiento de corte longitudinal generalmente es la mejor opción en cualquier largo de madera y el tipo de corte requerido. En los casos donde

las grietas son muy largas se recomienda cortes manuales (para cepillar los listones) en vez de automatizados.

Otra consideración importante es la relacionada al manejo de la madera. Si el sistema de corte transversal exige manejo manual de la madera (en la sierra o en la estación de marcado), las maderas cortas ofrecen ciertas ventajas en el procesamiento: es más liviana, menos abultada y la toma de decisiones sobre los defectos para evaluar y optimizar resulta más rápida y precisa para el operador.

Tipos de Defectos

Un principio básico para manejar los defectos en los molinos preliminares es aislar los defectos de un listón o de un corte en el momento del corte inicial (ya sea longitudinal o transversal) para que el número de operaciones necesarios para remover los defectos de los listones en los subsiguientes cortes se minimice. Los defectos que corren a lo largo de la pieza de madera son más fáciles de aislar y remover con el proceso de corte longitudinal, mientras que los que atraviesan la pieza o se encuentran muy juntos son más apropiados para procesamiento de corte transversal.

Para molinos de doble acción (operan tanto longitudinal como transversalmente), las maderas con quebraduras, cortes oblicuos (biseles) venosas o con manchas son candidatas para el proceso de corte longitudinal. Maderas con nudos, grupos de nudos, nudos grandes en la parte frontal, con huecos o zonas ahuecadas, y grandes curvaturas son candidatas para la sierra de corte transversal.

Si se está considerando cambiar de sistema, de uno de corte longitudinal a transversal o viceversa, debe evaluarse bien los tipos de defectos en sentido amplio. Las maderas de baja calidad (ejemplo: C1, C2A y C3A) tienen mas defectos de todos los tipos pero el largo de los biseles y la ocurrencia

de las zonas venosas, las grietas en los extremos y pequeños nudos apuntan al uso del corte longitudinal.

Tensiones de la Derechura y el Secado de la Madera

Como se dijo anteriormente, maderas con curvaturas o dobleces deben procesarse transversalmente.

Un estudio demuestra que cortar la madera transversalmente antes que longitudinalmente cuando la curvatura es de ½ pulgada o más, los molinos rinden un promedio de tres por ciento mas (3 por ciento) que si el proceso se hiciera a la inversa. De la madera de roble procesada en el este de los Estados Unidos, el 75 por ciento tiende a tener una curvatura mínima (menos de ½ pulgada) mientras que el 7 por ciento tiene curvatura mayor de una pulgada. Uno de los factores mas importantes a considerar para decidir entre corte transversal primero o corte longitudinal primero es la calidad del secado de la madera.

Maderas con problemas de secado debido a compensación y acondicionamiento inadecuado al final del ciclo del secado al horno se torcerán y doblarán más si se aplica corte longitudinal primero en piezas largas que si se aplicara corte transversal en piezas cortas.

Requerimiento del Largo y Ancho de las Piezas

Es muy importante considerar el largo y el ancho de las piezas requeridas por el molino preliminar para decidir si el corte transversal o el longitudinal es el apropiado. Muchos expertos opinan que el corte longitudinal típicamente produce mayor rendimiento en piezas largas para un cierto tipo de madera que el corte transversal. Si el molino procesa generalmente piezas largas entonces se debe considerar el corte longitudinal. Por otra parte, si se procesan piezas anchas en un alto porcentaje (más anchas de tres pulgadas) el corte transversal produce mayor rendimiento.

Para molinos de doble acción entonces es apropiado utilizar el corte longitudinal para piezas largas y corte transversal para piezas cortas. Se debe mantener una clasificación de las piezas (de cortas a largas y estrechas a anchas) en ambos lados del molino para optimizar el rendimiento.

Requisitos en la Calidad de las Piezas

Desde el punto de vista de rendimiento, usualmente es mejor procesar tipos de cortes que requieren piezas CIF o piezas CM o una combinación de CIF y C2F, de forma longitudinal. Cuando el molino de corte transversal es manual o se quiere optimizar la estación de identificación de defectos, el decidir entre defectos aceptables o no aceptables en paneles de dos caras es más difícil que tomar la misma decisión en listones más estrechos. Esta dependencia en el juicio humano al cortar la madera es la clave de la calidad de las piezas cuando se decide entre corte longitudinal y corte transversal.

Número de Piezas Diferentes

Es posible optimizar el rendimiento cortando muchas mas piezas de diferentes tamaños y calidades en el molino preliminar con el sistema de corte longitudinal con sierras optimizadoras de corte transversal. Sin embargo, los molinos que cortan muchos tipos de piezas a la vez deben ser capaces de clasificar y manejar eficientemente variedades grandes de piezas. Esto es más fácil de conseguir con el corte longitudinal que con el corte transversal. Cortar transversalmente 20 diferentes tamaños de piezas para luego clasificarlas o moverlas a diferentes estaciones de corte longitudinal es más complicado que a la inversa.

Requerimientos del Volumen de Producción de Piezas

Para molinos preliminares con requerimientos de alto volumen de producción de piezas los sistemas automatizados (como los de corte longitudinal) son mas productivos (basado en el volumen de entrada de madera) por cada mil horas de trabajo. Por el

contrario, cuando se hacen grandes inversiones de capital en sistemas automatizados y de optimización es necesario un uso continuo y tasas de utilización altas para compensar la depreciación de modo que el costo de manufactura por unidad se mantenga o mejore.

Capital Disponible

Cambiar de un sistema manual de corte transversal a uno automatizado de corte longitudinal requiere mucho capital. El molino preliminar debe tener suficiente demanda de mercado, suficiente capacidad de abastecimiento, horno de secado y almacenamiento de madera y suficiente capacidad de clasificación, almacenamiento y equipo para ajustarse al cambio.

Requerimientos del Pegado y Especificaciones del Diseño de Muebles

En el 2003, la calidad de los bordes más adecuados para pegado de las sierras de corte longitudinal se produjeron usando sierras de ejes fijos y sierras de cuchillas móviles. Todavía permanece la consideración de si el pegado es aceptable en piezas anchas de muebles y gabinetes tales como parte frontal de una gaveta, tope de una mesa, etc. La gran demanda de piezas sólidas anchas requiere el uso de corte transversal en madera de alta calidad. Un segundo factor de diseño que afecta la decisión entre el corte transversal versus el corte longitudinal es el pareo del tono de color y la fibra requeridos en los

productos secundarios. Es más fácil parear color y fibra con menos manejo y reinspección cuando la madera se corta transversalmente. Las piezas que se recuperan en la línea de corte longitudinal de una pieza dada tendrán el mismo color y fibra si se compara con los listones que se mezclan cuando salen de la sierra longitudinal.

Destrezas Laborales

Si se quiere que un molino de sistema de corte transversal opere cerca de su potencial de ganancia, el operador del molino debe ser capaz de detectar defectos, tener destrezas en la toma de decisiones y tener una comprensión completa del molino que opera. Lo mismo es cierto para los marcadores de los paneles y en una extensión menor para los que marcan los listones. Para los molinos preliminares que operan en un mercado competitivo que experimenta grandes tasas de cambios, que incluye empleados más experimentados y mejor pagados, el procesamiento de corte longitudinal generalmente requiere personal menos experimentado.

Se pueden mencionar cinco factores que afectan la toma de decisión entre el corte transversal versus el corte longitudinal a los cuales se les debe dar alta prioridad: calidad de la madera, requerimiento en el tamaño de las piezas, requerimiento en el volumen de las piezas, disponibilidad de empleados diestros y requerimientos en el diseño de los muebles.

Operaciones Óptimas en una Sierra Manual de Corte

La sierra de corte transversal corta la madera a través de la fibra en las longitudes requeridas por la orden de corte. Para obtener el mejor rendimiento, las operaciones de la sierra de corte no deben tratar de remover todos los defectos; la mayoría de los defectos pueden ser corregidos en la operación de corte longitudinal, que no solo remueve los defectos sino que también produce piezas con las secciones de tablas. Las decisiones hechas por el operador de la sierra de corte afectarán la producción y los beneficios de su compañía. El operador de la sierra de corte debe saber si los requisitos de calidad de la pieza son C1F, C2F, Satisfactoria, etc.

Diseño de la Estación de Trabajo

El diseño de la estación de trabajo es importante en la determinación de la productividad y el rendimiento. Los espejos se deben utilizar en cada sierra de corte transversal de modo que el operador pueda examinar fácilmente el extremo recientemente cortado para saber si hay defectos de secado, según se muestra en la Figura 5. Debe proporcionarse suficiente iluminación para que los defectos puedan ser vistos y se tome la decisión de corte correcta. Los espejos requerirán iluminación adicional. El

operador de la sierra de corte transversal no debe tener que realizar mucho esfuerzo para traer la madera de construcción completa a la estación de trabajo. El trabajo principal del operador es cortar correctamente la madera, que, de por sí, puede resultar ser muy exigente.

Inspección de Tablas y Primer Corte

Previo al corte, el operador de la sierra de corte transversal debe inspeccionar ambos lados de la tabla para considerar que piezas pueden ser obtenidas de las operaciones de corte longitudinal y de rescate. De hecho, el operador es la persona que optimiza la operación manual de la sierra de corte transversal. El operador primero debe mirar y pensar antes de cortar. Las especificaciones de C1F requieren el corte con la mejor cara de la madera hacia arriba (visible al operador). Las piezas del grado de C2F se deben cortar con la cara peor hacia arriba. Es importante tener presente que la sierra de corte transversal no es una isla sino que debe trabajar tomando en consideración las otras operaciones y cooperando con ellas. El entrenamiento del operador es útil en ayudar al operador a entender los requerimientos del producto. Los operadores

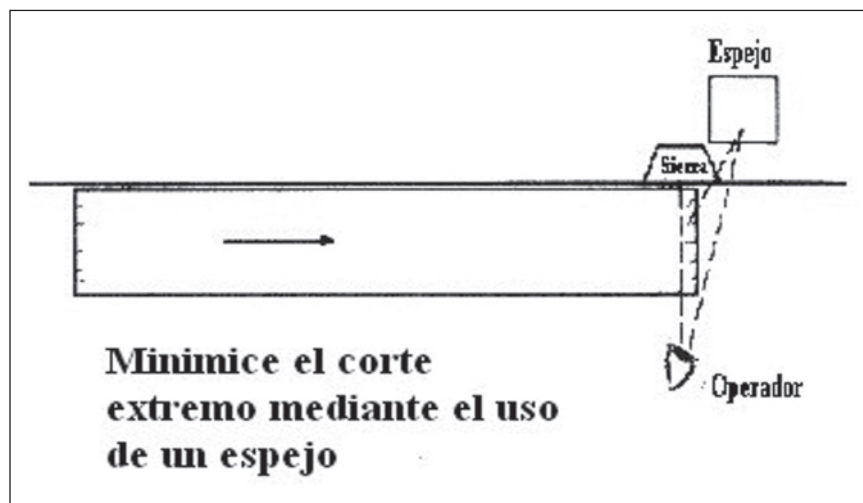


Figura 5.—El corte inicial del extremo en la sierra de corte transversal se puede minimizar con el uso de un espejo.

experimentados y concienzudos de la sierra de la corte transversal pueden identificar piezas difíciles de encontrar que saben que serán requeridas en una semana o dos aunque no están en la orden de corte actual. Las secciones que contienen esas piezas se cortan y se ponen a un lado para el uso futuro.

Para cuadrar el extremo, el primer corte también debe remover marcas en el extremo (si están presentes). El corte del extremo debe ser tan pequeño como sea posible, sólo 1 pulgada, y tal vez tan pequeño como $\frac{1}{2}$ pulgada para maderas bien secadas con pequeños defectos de secado en el borde. Debe hacerse la inspección del extremo recién cortado en la búsqueda de marcas de sequedad, y si es necesario, hacer un corte adicional del extremo. Sin embargo, el operador de la sierra de corte transversal no debe cortar un borde demasiado largo para remover una sola marca larga o grieta, (Figura 6). Se debe utilizar un espejo para facilitar esta inspección, según lo descrito anteriormente.

Cuando se corta la tabla, se debe tener mucho cuidado para mantenerlo contra los bordes y asegurar extremos cuadrados y para mantener exactitud y la capacidad de repetición de la longitud. De no hacerse, se conseguirán piezas muy cortas o muy largas para cumplir con las especificaciones y crean problemas en el proceso cuando son incorporadas en paneles de bordes pegados.

Removido de Defectos

La sierra de corte transversal no debe tratar de remover todos los defectos. Muchos defectos,

especialmente los que corren a través de la longitud de la tabla, tal como grietas largas, se pueden cortar más adelante con menos desperdicios (Figura 6). Esos defectos que corren a través del ancho de la tabla se deben considerar para ser removidos en la sierra de corte transversal. Algunas reglas heurísticas complementadas con ejemplos pueden ayudarle a desarrollar criterios para identificar defectos en su sierra de corte transversal.

Cuando los troncos redondos se cortan en tablas rectangulares se pueden dejar menguas (biseles) según las reglas de calidad de la madera lo permitan. Adicionalmente, se permiten en las tablas cortadas características de madera naturales, tales como nudos. El trabajo de los molinos preliminares es remover esas características que no cumplan con los criterios del producto. Si la operación de la sierra de corte transversal se realiza primero, la coordinación con las sierras de corte longitudinal permite remover por medio de cortes u operaciones de rescate menguas, cogollos y algunos nudos. Los ejemplos de las tablas y las estrategias recomendadas de la remoción de defectos se demuestran en la Figura 7.

Una regla heurística para el operador de la sierra de corte transversal es que remueva los defectos que sobrepasan el 50 por ciento del ancho de la tabla. Menguas que se extienden a todo lo ancho de la tabla se debe remover en la sierra de corte transversal (Figura 7b).

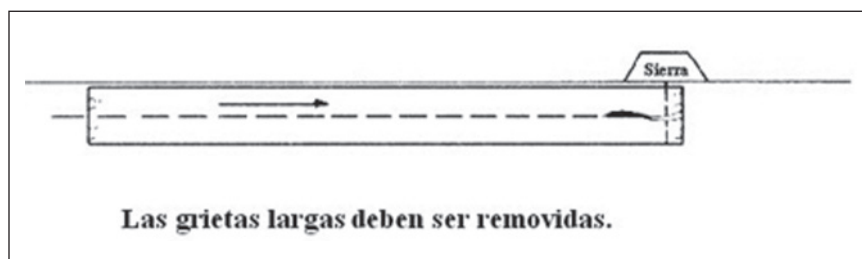


Figura 6.—Las grietas largas de extremos se pueden remover más adelante en la sierra de corte longitudinal.

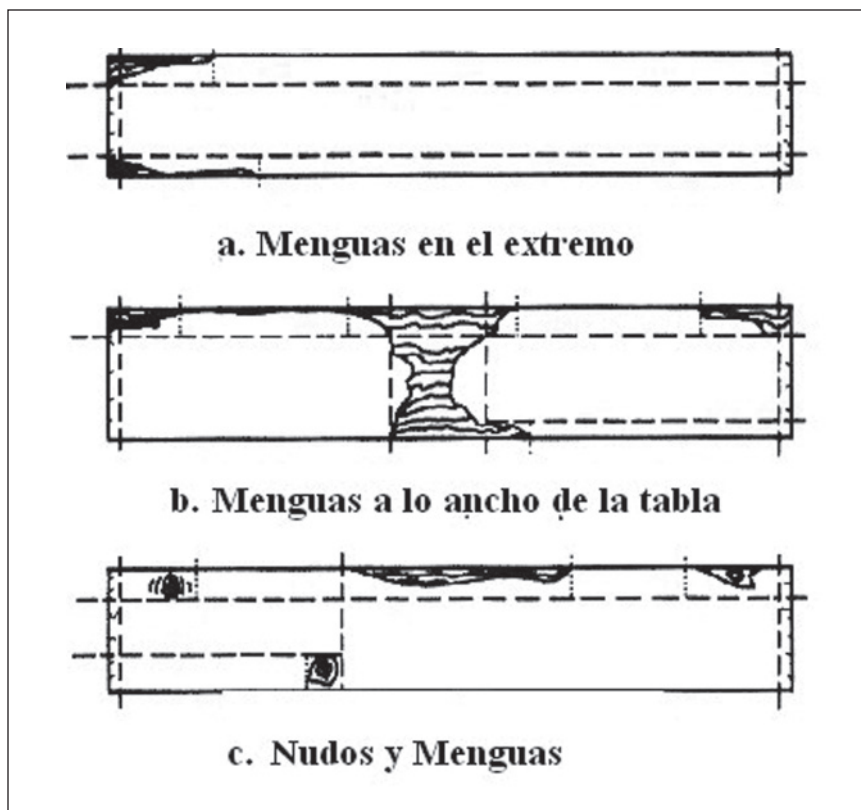


Figura 7.—Remoción de menguas y nudos utilizando cortes transversales, longitudinales y de rescate; las líneas entrecortadas verticales muestran los cortes transversales, las líneas entrecortadas horizontales muestran los cortes longitudinales en las piezas mas pequeñas, las líneas verticales tenues muestran los cortes transversales hechos sobre listones que previamente habían sido cortados transversal y longitudinalmente.

Nudos puntiagudos y múltiples nudos agrupados, incluyendo las fibras distorsionadas alrededor de los nudos también se deben remover en la sierra de corte transversal (Figura 8). Fibras distorsionadas o con pendiente alrededor de los nudos puede conducir a fibras torcidas o fibras difusas en el maquinado posterior. Se deben desarrollar instrucciones para la remoción de estos defectos (estas instrucciones

dependerán de las especies, angulo de inclinación, maquinado adicional a ser realizado, y el producto final). Se deben desarrollar guías para la remoción de estos defectos.

Operaciones con la sierra de corte transversal conducidas por operadores expertos y con un fuerte enfoque de rendimiento son capaces de mejorar

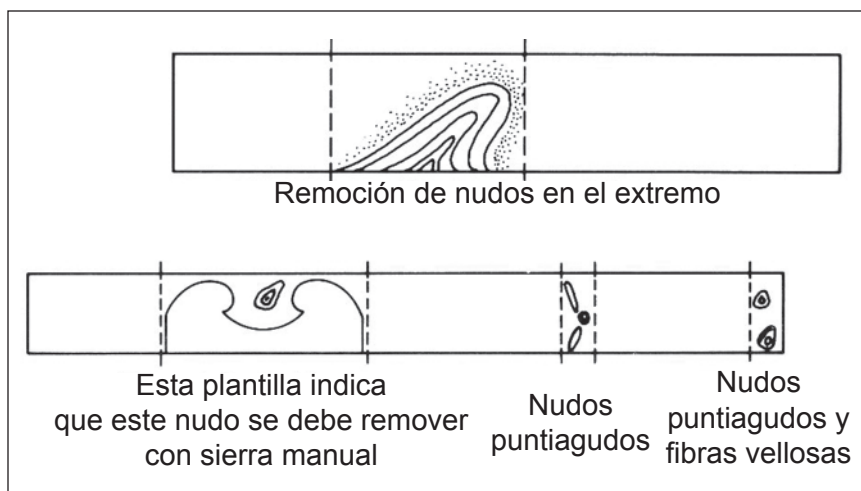


Figura 8.—Defectos mayores y aquellos que se extienden a lo ancho de la tabla deben ser removidos en la sierra de corte transversal. A.) Se deben realizar cortes para remover nudos puntiagudos y fibras vellosas; B) Las líneas sólidas indican patrones que se deben cortar con sierra manual para eliminar los nudos.

hasta el 50 por ciento del ancho de la tabla. La regla heurística más rigurosa utilizada por estas operaciones es - si un listón de madera sana está disponible entre el defecto y el lado opuesto de la tabla que es por lo menos igual en ancho a la pieza mas estrecha de la orden de corte, entonces el defecto no debe removerse en la sierra de corte. En cambio estos defectos se deben dejar y luego ser removidos por la sierra longitudinal o de rescate.

Si el operador de la sierra de corte transversal determina que el defecto no debe ser removido en esa operación, se mantiene la pregunta ¿dentro de cuál longitud debe el defecto colocarse? Si el defecto se coloca en la sección de longitud mas corta el operador de la sierra de corte transversal eliminará la mayoría de las opciones para recuperar la parte en cualquiera de las sierras de corte longitudinal o de rescate. Es con frecuencia mejor para el operador de la sierra de corte transversal colocar el defecto dentro de una longitud intermedia y así provee la oportunidad para que la sierra de rescate pueda recuperar una pieza pequeña requerida.

Aunque pueda parecer tener menor impacto en el rendimiento, es importante para el operador maximizar la madera sana disponible cortando cerca del defecto y removiendo sólo la madera que los contiene. Si se repite este proceso cuatro veces en una tabla de ocho pies con la cuchilla típica de corte transversal de ¼ pulgadas, se podría aumentar el rendimiento tanto como un 1 por ciento.

Manómetro

Las longitudes pequeñas usualmente deben ser cortadas como último recurso para minimizar las pérdidas en el cepillado de los extremos de la pieza. El cepillado del extremo es el sobrante de la madera que es muy pequeño para producir una pieza de la longitud requerida y por eso se desecha. El manómetro (Figura 9) es un artefacto simple que se puede localizar encima de la mesa de entrada de cualquiera sierra de corte transversal. Un manómetro puede ayudar a reducir las pérdidas en los cepillados de los extremos. Cada longitud de corte establecida en las “paradas” también será marcada en el manómetro. Adicionalmente, combinaciones

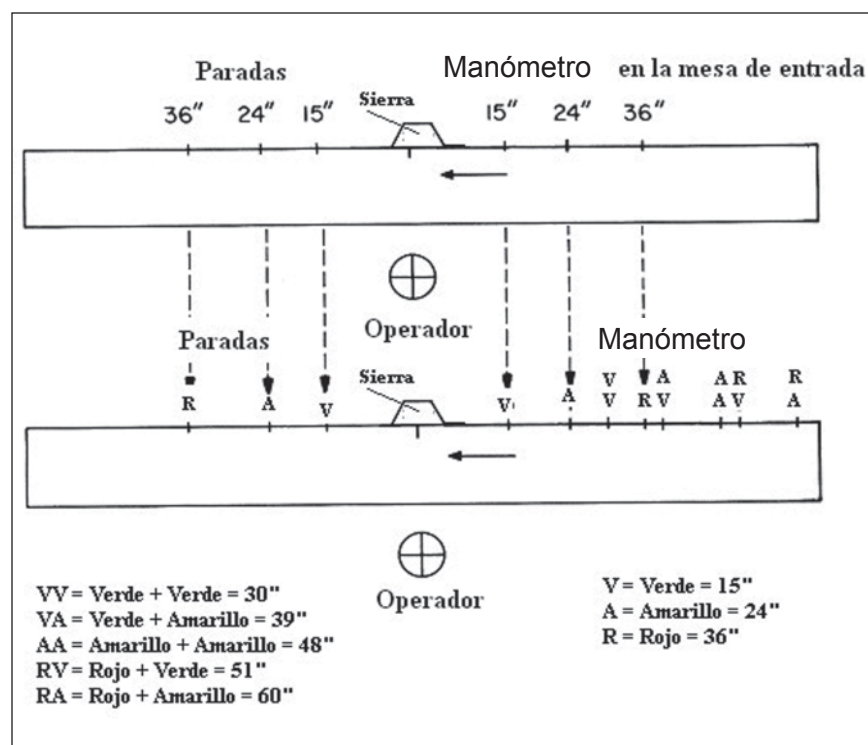


Figura 9.—El manómetro, localizado en la mesa de entrada en la sierra de corte transversal, usando códigos de colores o luces para indicar las diferentes secciones de longitud requerida.

que representan múltiples longitudes también son marcados en el manómetro.

El uso del manómetro puede minimizar las pérdidas de los cepillados de extremos y permite de forma efectiva al operador planificar y colocar cortes entre defectos. Cuando la tabla se coloca en la mesa de entrada, el operador ve ambos lados de la tabla y coloca la peor parte hacia arriba (asumiendo que se están cortando piezas C2F). Es importante poner atención de los defectos que se encuentran en la parte de abajo de la tabla, el operador debe examinar visualmente la parte superior de la tabla para ver defectos y decidir cual longitudes se deben cortar con la ayuda del manómetro como guía.

La Figura 10 muestra un manómetro. Una tabla tipo Común núm. 1 de 11 pies se coloca en la mesa de entrada con la peor parte hacia arriba. El operador examina la tabla buscando los defectos que se pueden remover en la sierra de corte transversal y decide cortar primero un pedazo sano de 36 pulgadas, identificado como las guías rojas. La próxima selección es cortar otra pieza de 36 pulgadas asumiendo que el defecto se puede remover en la sierra de corte longitudinal. Nótese que el próximo corte longitudinal de la pieza de 36 pulgadas que contiene el defecto producirá piezas de 36 pulgadas más estrechas y luego en la operación de rescate se pueden recuperar cualquiera de las siguientes alternativas: una pieza de 24 pulgadas o dos piezas de 15 pulgadas.

En este punto el operador ha removido 6 pies de una tabla original de 11 pies como se muestra en la Figura 11. Guiada por el manómetro, el operador ve como el final de la tabla cae más allá de la marca que indica la combinación de rojo y amarillo (RA). El operador sabe que una sección de 36 pulgadas (roja) y de 24 pulgadas (amarilla) se puede cortar con poco desperdicio en el cepillado de extremo. Este sistema permite identificar la madera defectuosa y que se minimice en cepillado de extremo con una mejor utilización de la madera.

Los manómetros electrónicos con luces de colores calculan y muestran la localización de las marcas del manómetro. Un sistema manual consiste de una barra acanalada con agujeros taladrados, tachuelas de colores para realizar las marcas del manómetro. El usar un programa de hojas electrónica para calcular la localización de las marcas de manómetro, también podría dar buenos resultados.

Cepillado Permitido

Es de naturaleza humana para los operadores de sierra de corte transversal añadir un poco más de lo que el cepillado requiere para asegurarse que la pieza es suficientemente larga, el operador debe percatarse que muchas veces los cortes permitidos han sido añadidos por el oficial principal encargado de construir la orden de corte. Es bien importante que el operador de la sierra de corte transversal sea constante con la longitud asignada, cortando la longitud especificada en la orden de corte. Por

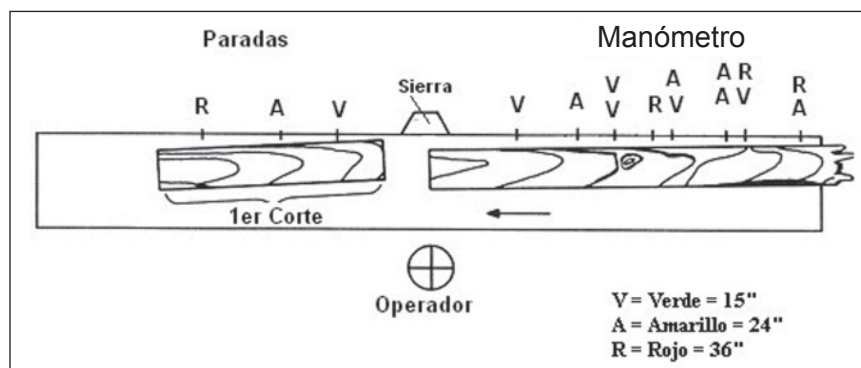


Figura 10.—Utilizando el manómetro, el operador primero corta una sección de 36 pulgadas, seguida de otra sección de 36 pulgadas que contiene defectos (que serán removidos en la operación de sierra de corte longitudinal).

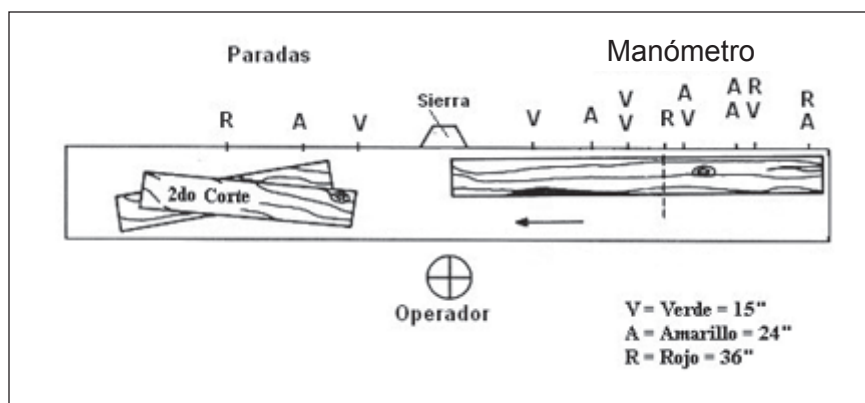


Figura 11.—Utilizando el manómetro, el operador de la sierra de corte transversal puede minimizar las pérdidas en el cepillado de los extremos cortando una sección de 36 pulgadas (roja) y una de 24 pulgadas (amarillo) de la longitud de la tabla que sobra.

ejemplo, añadir $\frac{1}{2}$ pulgada a una longitud de 25 pulgadas de longitud preliminar le podría costar al molino 2 por ciento del rendimiento.

La falta de precisión en el corte o el fracasar en el corte de la longitud asignada consistentemente (redundancia con consistencia) a veces causa problemas en minimizar la medida permitida del cepillado. Las guías de parada de la sierra deben de estar en buen estado, capaces de que se puedan fijar en el sitio indicado y que no se rueden. Las guías de parada que están dobladas o sueltas se deben reemplazar.

Si la mesa de entrada y los rodillos están sucios o con poco mantenimiento pueden causar excesiva fricción que pueden generar un problema cuando se tiene que colocar el panel contra la valla. El operador no debe trabajar tratando de compensar el equipo defectuoso, hacer esto resulta en bajo rendimiento. Adicionalmente, el fracaso de alcanzar longitudes repetidas puede causar terminaciones de los paneles desiguales en la operación de pegado. En algunas operaciones de pegado, los extremos que no están nivelados pueden empujar el panel adyacente y hacer que estos se desnivelen, resultando en un panel muy corto. Desafortunadamente la solución en algunas plantas podría ser aumentar más la tolerancia de los cortes permitidos en los paneles.

Otras Consideraciones

Hemos discutidos muchos de los detalles que causan impacto en el rendimiento en la sierra de corte transversal. Los operadores de las sierras de corte transversal en los molinos preliminares tienen un rol de vigilancia que no se ha mencionado. Como son los primeros en manejar la madera en el molino preliminar, estos son una gran fuente de información respecto a la calidad de la madera, el ancho y el contenido de humedad en la misma. Esto puede ser bien importante en pequeños talleres donde no hay un sistema automático de identificación de estos factores.

Puede ocurrir sobrecarga mas adelante después del corte transversal, tanto en las de corte longitudinal como en las de rescate. Puede ser tentador tratar de controlar la sobrecarga reduciendo la operación de ciertas piezas del operador de la sierra de corte transversal hasta que la sobrecarga disminuya, pero este enfoque puede ser perjudicial. Un mejor enfoque para el encargado de los molinos preliminares es suavizar el flujo ajustando la orden de corte, el tipo, la longitud, y el ancho de la madera que se procesa en los molinos. Estos ajustes no son menos perjudiciales.

Mejoramiento del Rendimiento en las Operaciones de las Sierras Manuales de Corte Longitudinal en los Molinos Preliminares donde el Corte Transversal Precede al Longitudinal

La sierra de corte longitudinal hace el corte paralelo a la fibra usualmente a través de la longitud de la tabla. En la operación tradicional donde el corte transversal precede al longitudinal, los objetivos de las sierras de corte longitudinal manual son: 1) producir piezas de anchos específicos, 2) remover defectos de manufactura y aquellas características de la madera inaceptables en el producto final, y 3) producir bordes rectos apropiados para pegar (encolar). Estos objetivos deben ser conseguidos mientras se minimiza la cantidad de desecho generada y enviada a la moledora.

La operación de la sierra longitudinal es el proceso que causa más defectos en un molino de corte transversal, el volumen de madera pérdida es más grande que en ninguna otra fase del molino. Hay ocasionalmente oportunidad de recuperar algo en el desecho que va al aserradero. Esta sección examina las prácticas y herramientas que pueden mejorar el rendimiento de recuperación en la operación de la sierra de corte transversal.

Prácticas en la Sierra de Corte Longitudinal para el Mejoramiento del Rendimiento

Los operadores pueden tener un gran impacto en el rendimiento producido en la línea de la sierra de corte longitudinal recto. Estas prácticas recomendadas pueden mejorar el rendimiento si se logra que los operadores implementen las que son exitosas.

Minimizar el cepillado en los bordes. Los cepillados excesivos en los bordes contribuyen a reducir el rendimiento en la sierra de corte longitudinal. El cepillado de los bordes no debe ser mayor que el espesor de la cuchilla de la sierra. En

los molinos preliminares que tienen sierras en buen estado y de yunques planos, el cepillado inicial en la sierra de corte longitudinal puede reducirse a aserrín. Idóneamente la cantidad a removerse debería ser sólo lo suficiente para limpiar el borde. Cuchillas afiladas y con tensión correcta, permiten hacer un corte fino sin necesidad de cortar profundamente. Sin embargo, puede haber una acción de rebote en los bordes de los listones si las cuchillas no están en forma o si la madera que se corta está torcida o se ha omitido el desbaste. Cada situación debe ser considerada cuidadosamente¹.

Haga el corte encima del defecto. El corte de la sierra debe ser hecho a través de los bordes de los defectos no a través de la madera sana adyacente a

¹Usualmente el rebote ocurre cuando las piezas a ser cortadas pierden contacto con el sistema de alimentación y entran en contacto con las navajas rotantes de las sierras. Acciones para minimizar el riesgo de lesiones por rebote incluyen:

- Pararse al lado del alimentador de la sierra en vez de directamente detrás.
- Mantener todos las características de rebote bajo control: apéndices anti-rebote, superficies corrugadas para la alimentación de la cadena, rodillos de presión y resortes; reemplazo o recorte de las cadenas de alimentación desgastadas por el uso.
- Colocar la sierra a la altura correcta y mantener la alineación del eje de la sierra.
- Ajustar apropiadamente y mantener limpios los rodillos de presión para el espesor de la madera.
- Mantener la tensión correcta de las cuchillas de la sierra y estar pendientes de los dientes muy altos o desiguales en nivel.
- Ser cuidadosos con la madera torcida, muy fina, biselada y con listones estrechos.
- Considere otras posibles precauciones en el rebote de la cadena.

Se debe contactar al fabricante de la sierra para información mas detallada.

los defectos. Obviamente, se deben tomar en cuenta algunas consideraciones con relación a la inclinación de la fibra que es común alrededor de los nudos.

Piezas de anchos fijos y piezas de anchos casuales deben ser cortadas juntas. El cortar sólo piezas de anchos fijos (también llamados anchos sólidos o específicos) producen una gran cantidad de desechos ya que muchos de los anchos requeridos de las piezas raras veces igualan el ancho de la tabla. El rendimiento mejorará si piezas de anchos aleatorios aptas para pegado de panel se cortan de las mismas secciones del panel de donde se obtiene las piezas de ancho fijo. Una alternativa del corte longitudinal de piezas con anchos aleatorios sería cortar un margen de anchos todo el tiempo.

A continuación se presentan algunos ejemplos de corte longitudinal para ilustrar algunas de las ideas presentadas para mejorar el rendimiento. Mantén en mente que los dos objetivos principales de las operaciones de la sierra de corte longitudinal son remover los defectos y ajustar las piezas al ancho requerido, pero cada corte de la sierra contribuye significativamente a la cantidad de desecho.

Ejemplo 1: La tabla a cortar es lisa de 6 pulgadas de ancho (vea Fig. 12). De este largo particular se cortarán piezas de $2\frac{1}{4}$ pulgadas de ancho fijo y listones de anchos casuales. Este panel puede ser cortado longitudinalmente de varias formas como se ilustra en la Fig. 12 (A, B, C). Considere la figura 12A, el primer corte endereza los bordes de afuera. El segundo corte produce una pieza de ancho fijo $2\frac{1}{4}$ pulgadas, mientras el tercer corte produce otro. El cuarto corte y el corte final enderezan los bordes de afuera en listones estrechos y de ancho casual que van a ser pegados al panel.

Un enfoque ligeramente diferente se presenta en la figura 12B. Antes de que cualquier parte sea removida, los dos bordes de afuera son enderezados con el primer y segundo corte de $2\frac{1}{4}$ pulgadas. Este método, de alguna manera, es más seguro que el anterior ya evita el cortar sin necesidad un ancho no deseado. En ambos ejemplos se produce el mismo volumen de piezas con un rendimiento de un 87.5 por ciento ($[\frac{2\frac{1}{4}}{6} + \frac{2\frac{1}{4}}{6} + \frac{3}{4}] \div 6$).

Hay otro enfoque (Figura 12C) que puede ser usado para cortar la tabla. Cuando se cortan piezas de

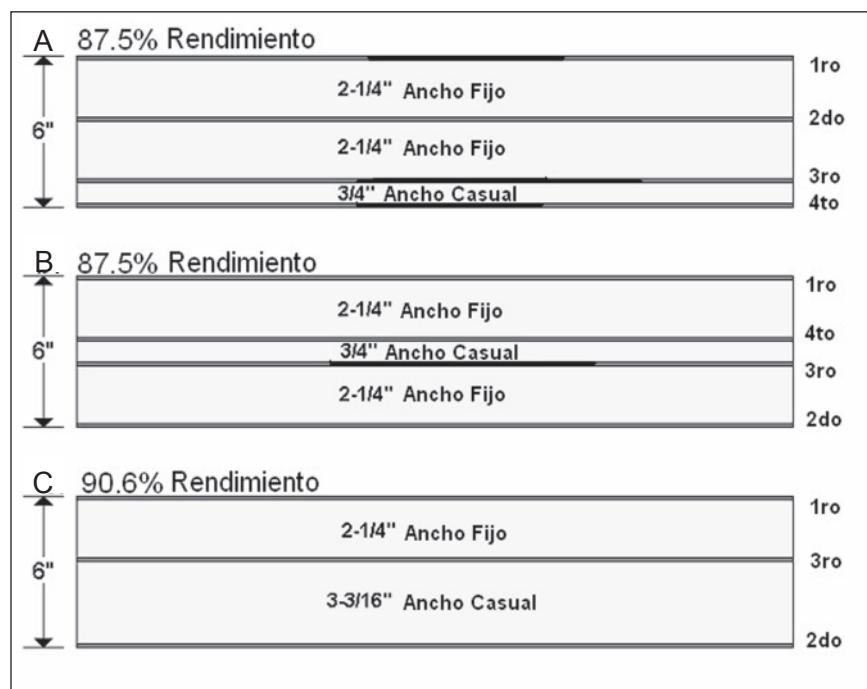


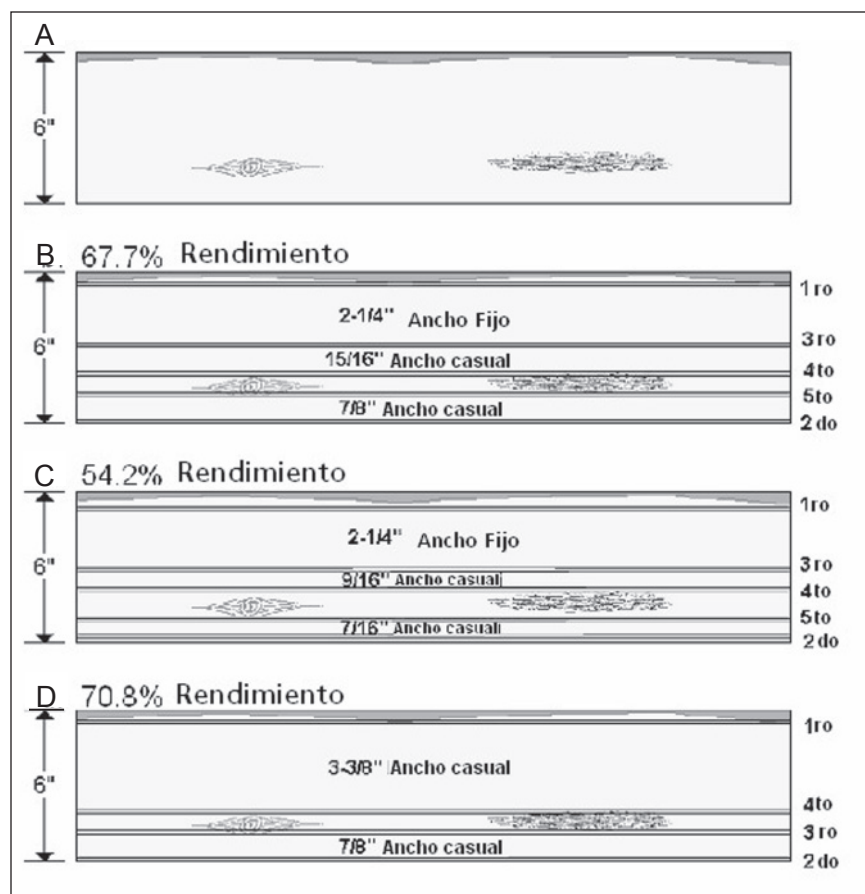
Figura 12. – Tres métodos diferentes de cortar una sección de la tabla lisa para producir anchos fijos de $2\frac{1}{4}$ pulgada listones con anchos casuales.

ancho aleatorios en el corte longitudinal, se debe evitar la generación de listones con anchos aleatorios muy estrechos. Los listones estrechos pueden estar descuadrados y el esfuerzo de manejo (acarreo) y pegado de los listones puede exceder el costo-beneficio que se gana al mejorar el rendimiento. Por esta razón, en muchos molinos, el ancho mínimo aceptado de las listones casuales es de $\frac{3}{4}$ pulgada. Algunas operaciones evitan generar listones estrechos cortando un listón con un ancho amplio, como se muestra en la Figura 12C. El rendimiento de las piezas se aumenta a un 90.6 por ciento, un aumento en rendimiento de 3 por ciento sobre los ejemplos 7A y 7B.

Puede que no sea necesario que se procesen ambos bordes del ancho fijo de la parte sólida ya que serán procesados por el moldeador en la fase siguiente. Considerando el ejemplo en la Figura 12C, se podrá obtener un rendimiento adicional si el borde

exterior de la pieza de ancho fijo no se corta (o sea omitir el corte 1), esto asumiendo que la tabla que se usó era razonablemente lisa. Si no se cortan los bordes, podemos cambiar la posición de la pieza fija ancha, y aumentar el ancho de los listones por el espesor del corte ($\frac{3}{16}$ pulgadas) a $3\text{-}\frac{3}{8}$ pulgadas. El rendimiento de las piezas útiles es ahora un 93.7 por ciento y se reduce el número de los cortes transversales requeridos.

Ejemplo 2: Es más común el caso en que la sección de la tabla a ser cortada no es lisa, como en el ejemplo anterior, sino que contiene defectos que tienen que removerse. La sección de la tabla que pasa por la sierra de corte longitudinal después de haber sido cortada transversalmente (Figura 13A) tiene también ancho de 6 pulgadas y contiene varios defectos. Esta tabla contiene nudos, una área de mancha y una merma o bisel en el borde. Otra vez, se corta un ancho fijo de $2\frac{1}{4}$ pulgadas y algunas



piezas con anchos casuales. El segundo corte endereza los otros bordes. El tercer corte produce partes con anchos fijos de 2¼ de pulgada, mientras que el cuarto y el quinto corte remueve el defecto y genera dos listones de ancho casual. El rendimiento en este ejemplo es de 67.7 por ciento.

La Figura 13B ilustra buenas prácticas de cortes longitudinales—los listones en los bordes se han minimizado y el corte se hizo a través de los defectos, maximizando la cantidad de la madera lisa y útil disponible. La Figura 13C por otra parte, ilustra pobres prácticas de corte con listones muy anchos en los bordes y el corte totalmente fuera del área defectuosa, desperdiciando madera útil alrededor del defecto. Los dos listones de ancho aleatorio resultantes son probablemente demasiado estrechos para usarlos con seguridad y beneficio económico. En la tabla que fue cortada de forma apropiada (Figura 13C) 66.7 por ciento de la tabla es convertida a piezas útiles, mientras las tablas que son mal cortadas resultan en sólo un 54.2 por ciento de rendimiento.

Para terminar, la Figura 13D muestra como en algunos casos el cortar piezas casuales de ancho mayor, en vez de las de ancho fijo, puede aumentar el rendimiento y reducir la producción de listones estrechos. Para algunos molinos preliminares, esta estrategia de corte es una opción viable, pero para

aquellos que no tienen un mercado para paneles contruidos a base de pegado de listones, este enfoque puede que no sea el apropiado.

Ejemplo 3: La Figura 14A, presenta una tabla en la cual la localización de los defectos no permite que ninguna parte pueda ser cortada de un ancho fijo. Como se muestra en la Figura 14B, los primeros dos cortes enderezan los bordes y remueven el bisel o mengua. En los cortes siguientes se remueven las áreas defectuosas y se producen tres listones de tamaño aleatorio, con bordes rectos listos para pegar, que podrían resultar útiles (cada una de ¾ pulgadas de ancho). Las franjas con defectos se envían a la sierra de rescate de piezas, típicamente se utilizan cortes transversales para remover defectos y producir piezas más pequeñas. Los posibles cortes en la sierra de rescate se muestran con líneas verticales entrecortadas.

Es necesario que los operadores identifiquen las piezas aceptables. Es esencial que los operadores de las sierras (tanto el que la alimenta como el que la descarga) conozca y entienda los requerimientos del producto final. Se podrían cometer dos tipos de errores que afectarían el rendimiento si no se tiene un entendimiento adecuado de los defectos aceptables. La falta de no remover defectos en el momento adecuado puede causar que se procese una pieza e incluso se ensamble antes de encontrar

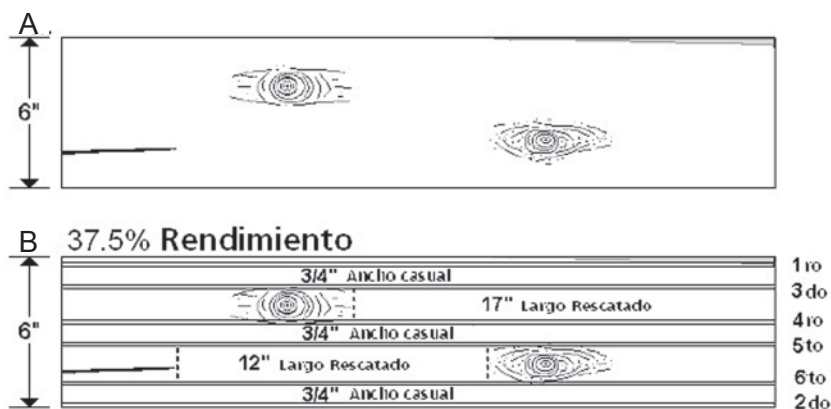


Figura 14.—Sección de una tabla que contiene muchos defectos. Sólo se pueden obtener listones casuales. Se muestran algunas piezas cortas que se pueden rescatar.

el defecto en ella. Esto trae como consecuencia que se pierda el trabajo o se rechace el producto ensamblado. Por otro lado un operador, sin las instrucciones adecuadas, podría rechazar pequeños defectos y manchas que pudieran ser aceptables para cierto tipo de piezas y en cambio producir partes C2F en todos los casos. Debido a su inexperiencia o inseguridad, los operadores prefieren producir piezas sanas porque éstas siempre exceden los estándares de calidad. Pero el costo de esta innecesaria calidad se reflejará en bajo rendimiento y un volumen de madera excesivo en la correa de desechos.

Cuando se establecen los estándares de calidad, es importante que el operador entienda que esos estándares varían no sólo de acuerdo a las especies, sino también de acuerdo al diseño y las terminaciones del producto y de acuerdo a las necesidades del cliente. La gerencia debe comunicar estos estándares de calidad al operador regularmente. Un método efectivo de comunicación es tener a la vista muestras de tablas con defectos representativos de varias clases.

Minimice el ancho de los bordes. El ancho adicional que tradicionalmente se añade en los molinos preliminares al patrón del moldeador para ajustar el tamaño de las piezas es de $\frac{1}{4}$ pulgada. Se debe considerar el reducir este ajuste. Algunos fabricantes reducen este ancho de $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{8}$ pulgada para patrones pequeños (≤ 24 pulgadas) y a $\frac{3}{16}$ pulgada para el patrones más largos (>24 pulgadas). Considere una pieza cuyo tamaño preliminar es $1\frac{3}{4}$ pulgadas y se va a procesar en un la moldurera para lograr un ancho de $1\frac{1}{2}$ pulgadas; i.e., un ajuste de $\frac{1}{4}$ pulgada. Reduciendo esto de $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{8}$ pulgada se recupera $\frac{1}{8}$ pulgada adicional de cada pieza (se mejora la utilización en un 7 por ciento). Para las piezas que se pueden reducir solo un $\frac{3}{16}$ pulgada,

la ganancia de utilización podría ser alrededor de un 3.5 por ciento o una pieza adicional por cada 27 piezas cortadas.

Evite las piezas muy grandes. Es común encontrar piezas de molinos preliminares $\frac{1}{16}$ de pulgada más ancho que lo especificado. El operador puede tomar esta decisión para asegurarse que las piezas son lo suficientemente anchas para alcanzar los requerimientos de la moldurera y evitar quedarse cortos debido a que la pieza resulta muy estrecha. Este uno de los mejores ejemplos de que cuán importante es para todos entender como pueden influir en el costo y la ganancia. La causa subyacente puede consistir en problemas con el equipo, tales como una guía suelta en la sierra. El equipo debe funcionar de forma apropiada para que el operador pueda, con confianza, cortar de acuerdo con las especificaciones requeridas.

Diseño de la estación de trabajo y herramientas para mejorar el rendimiento del Molino. Las prácticas para mejorar el rendimiento del molino de corte longitudinal ya se han discutido. También es muy importante el diseño de la estación de trabajo, que incluye herramientas para asistir a los operadores en la implantación exitosa de estas prácticas. La estación debe estar bien iluminada para permitir la identificación correcta de defectos. La estación de trabajo debe ser diseñada de modo que minimice el esfuerzo requerido del operador para traer una pieza a la mesa de la sierra, y así mantener un ritmo cómodo de trabajo. La paleta suplidora debería ubicarse consistentemente en un lugar donde el operador la pueda alcanzar fácilmente. El uso de elevadores de paletas evita que el operador tenga que inclinarse, reduce la fatiga y las lesiones en la espalda y aumenta la productividad.

Prácticas en la Sierra de Múltiples Cuchillas en el Molino Preliminar

Optimización del Rendimiento en la Sierra Múltiple

Configuración del eje de la sierra y

posicionamiento de la tabla. En una sierra múltiple de cuchillas fijas el rendimiento dependerá del diseño o disposición de la secuencia de los espacios entre las cuchillas. Lo ideal sería que para cada tabla tuviésemos disponibles espacios adyacentes que correspondieran al combinarse con el ancho de cada corte deseado (incluyendo el ancho del corte) (Figura 15). El siguiente ejemplo muestra la importancia que tiene el diseño del eje de la sierra en el rendimiento. Suponga que se tiene una tabla de $7\frac{3}{4}$ pulgadas de ancho que se va a cortar con un eje que tiene espacios disponibles de 2-, $2\frac{1}{4}$ -, $2\frac{3}{4}$ -, y 3-pulgadas de ancho. Se puede asumir que el ancho del corte mide $\frac{3}{16}$ de pulgada. La Figura 15 ilustra un diseño de un eje con secuencia de espacios disponibles: 2, 2, $2\frac{1}{4}$, $2\frac{1}{4}$, $2\frac{3}{4}$, y 3 pulgadas. En la Figura 15 también se muestran cuatro posibles posiciones para esta tabla de $7\frac{3}{4}$ pulgadas (A, B, C, D).

Se muestran cuatro posibles posiciones para una tabla de $7\frac{3}{4}$ pulgadas (A, B, C, D).

Los resultados del rendimiento pueden variar de acuerdo a la posición de la tabla. Esta variación puede llegar hasta cerca de un 20 por ciento.

$$A = 2 + 2 + 2.25 + 4(3/16) = 7.0'' \text{ ó}$$

90.3% de utilización 80.6% rendimiento de corte

$$B = 2 + 2.25 + 2.25 + 4(3/16) = 7.25'' \text{ ó}$$

93.5% de utilización 83.9% rendimiento de corte

$$C = 2.25 + 2.75 + 3(3/16) = 5.5625'' \text{ ó}$$

71.8% de utilización 64.5% rendimiento de corte

$$D = 2.75 + 3(3/16) = 6.3125'' \text{ ó}$$

81.5% de utilización 74.2% rendimiento de corte

Hay otras combinaciones para la ubicación de esta tabla, pero resultarían en un bajo rendimiento o excederían el ancho requerido de $7\frac{3}{4}$ pulgadas. El resultado obtenido de todas estas posibles posiciones indica que el diseño del eje no se ajusta bien a la tabla. Entre estas opciones la de rendimiento más alto es la B con un 83.9 por ciento. Frecuentemente se requiere un rendimiento mínimo de 80 por ciento, por lo tanto podemos aceptar la opción B como satisfactoria. Ahora considere esta posibilidad. Con un diseño de eje ligeramente diferente el rendimiento hubiera aumentado, como se ilustra en la Figura 16.

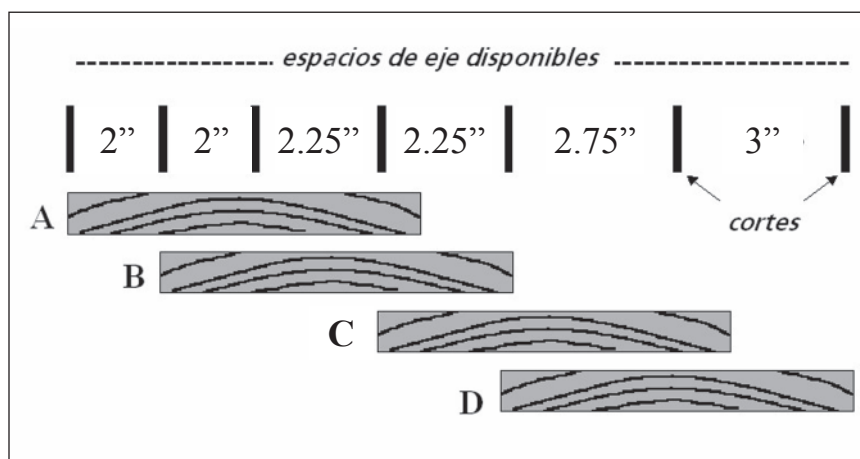


Figura 15.—Seis espacios y siete cuchillas ($\frac{3}{16}$ pulgada de ancho de corte).

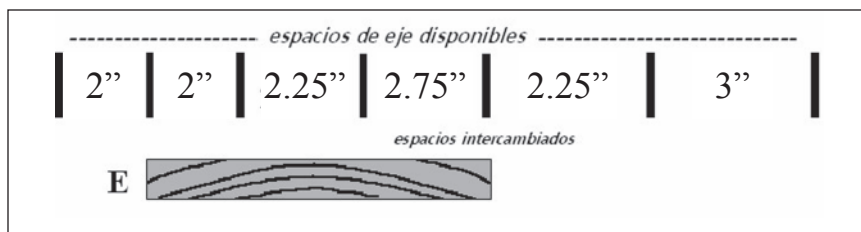


Figura 16.—Posicionamiento de una tabla de 7¾ pulgadas de ancho en un eje bien diseñado. Resultado: un máximo rendimiento por listón.

$E = 2 + 2 \frac{1}{4} + 2 \frac{3}{4} + 4(3/16) = 7\frac{3}{4}$ pulgadas o un 100 por ciento de utilización y un 90.3 por ciento de rendimiento por listón.

Con un simple intercambio de posición de los espacios de 2¼- y 2¾-pulgadas en el eje se obtiene un aumento en rendimiento de 6.4 por ciento (Figura 16). Este ejemplo ilustra la importancia del diseño del eje. Mas aún, considere el impacto potencial que podría tener el diseño en el rendimiento si el número de tablas de 7¾ pulgadas de ancho es significativo.

Hay miles de posibles combinaciones cuando se trata de diseñar la secuencia de los espacios en el eje de la sierra. Varios optimizadores de sierras ofrecen programas de diseños de ejes como parte del programado, y las universidades ofrecen asistencia en el diseño del eje mediante el uso de este programado.

Un buen eje se puede diseñar a mano. El objetivo principal es desarrollar muchas combinaciones diferentes de espacios entre cuchillas como sea posible. Esto dependerá del ancho de las piezas requeridas y el ancho del eje de la sierra. Si se requieren piezas anchas (y por lo tanto espacios más anchos) habrá menos espacios entre cuchillas en el eje y un número menor de combinaciones posibles. Por otro lado, una sierra múltiple con un eje ancho podrá contener más espacios que una sierra con eje estrecho. Teniendo esto en mente, se sugiere la siguiente guía para el diseño de ejes:

- Utilice al menos tres o cuatro anchos diferentes en el eje; un número mayor es usualmente mejor.

- Evalúe el ancho de la madera para determinar cuál es el ancho más frecuente.
- Diseñe combinaciones de espacios de eje para parear con el ancho predominante en la madera (asegúrese de incluir el ancho del corte en los cálculos).
- Determine el porcentaje de la orden de corte respecto al área total en cada uno de los anchos de piezas.
- Como punto de partida, use dos espacios de eje para anchos de pieza que representen más del 25 por ciento del área total en la orden de corte, y considere tres espacios de eje para anchos de pieza que representen más del 50 por ciento. Algunos anchos que constan de menos de 1 por ciento del área total de la orden de corte se pueden omitir en el eje y obtenerlos en las operaciones de rescate de piezas.
- Si es posible, no repetir la misma combinación de espacios en el eje (con el propósito de crear diferentes alternativas de espacios del eje para el proceso de optimización).
- Utilice cuchillas de corte fino para aumentar el ancho del eje disponible para crear los espacios del eje, lo cual puede permitir un diseño más eficiente del eje. Comparado con una sierra de corte convencional de 0.156 pulgadas, una sierra de corte fino (con 0.1000 pulgadas de corte) podría ahorrar 0.056 pulgada de corte por cuchilla, que podría resultar en un aumento de más de ½ pulgada de espacio en un eje de 10 cuchillas.

Optimización del Valor en la Sierra de Múltiples Cuchillas

El ejemplo anterior se enfoca en la recuperación de rendimiento de la tabla maximizando la cantidad producida de listones. En algunas situaciones es más deseable maximizar el valor de los listones que se producen con la sierra múltiple. El siguiente ejemplo muestra un caso donde la solución está basada en el valor y no en el rendimiento. Asuma que se le ha asignado a cada ancho de listón el valor dado:

2 pulgadas de ancho:	\$1
2¼ pulgadas de ancho:	\$2
2¾ pulgadas de ancho:	\$3
3 pulgadas de ancho:	\$5

Como era de esperarse los listones más anchos tienen más valor que los más estrechos. El valor y el rendimiento de los listones que resultan para las cinco soluciones previamente descritas se presentan abajo. Si en el proceso de optimización de la sierra múltiple se selecciona para maximizar el valor, la solución seleccionada es la D con un valor máximo de \$9 mientras que la solución con mayor rendimiento es la E con un valor de sólo \$7.

Listones Producidas	Valor de los listones (\$)	Rendimiento de los listones (%)
A 2, 2, 2¼	1 + 1 + 2 = 4	80.6
B 2, 2¼, 2¼	1 + 2 + 2 = 5	83.9
C 2¼, 2¾	2 + 4 = 6	64.5
D 2¾, 3	4 + 5 = 9	74.2
E 2, 2¼, 2¾	1 + 2 + 4 = 7	90.3

El valor del corte usualmente forzará la recuperación de piezas anchas y largas sacrificando el rendimiento para obtener piezas más valiosas. Si esto es deseable o no depende de los objetivos de los molinos preliminares y la calidad de la madera que se corta. Por ejemplo, un fabricante de ataúdes, que requiere una gran cantidad de piezas largas y anchas, buscará el valor más que el rendimiento cuando usa madera de alta calidad, pero el tratar de hacer esto con una madera de grado inferior resultará en una cantidad mayor de desperdicios.

Hay dos tipos básicos de optimización en un molino preliminar donde el corte longitudinal se hace primero. En el primer caso, la tabla es cortada en la sierra múltiple para maximizar el rendimiento de listones (Figura 17a). En el otro caso, la tabla es cortada en la sierra múltiple para maximizar el rendimiento final de la pieza (Figura 17b).

Una desventaja única en el sistema de corte longitudinal es la imposibilidad de cortar eficientemente tablas que contienen combas (torcidas). El cortado múltiple de tablas que contienen una cantidad significativa de curvatura puede resultar en una gran pérdida de rendimiento. Los estudios han demostrado que alrededor de una de cada cuatro tablas secadas al horno tiene ½ pulgada o más de curvatura. Media pulgada de curvatura en una tabla de 10 pulgadas de ancho causara una pérdida de rendimiento de un 5 por ciento. Para evitar las pérdidas debido a curvatura en el proceso de optimización de la sierra longitudinal

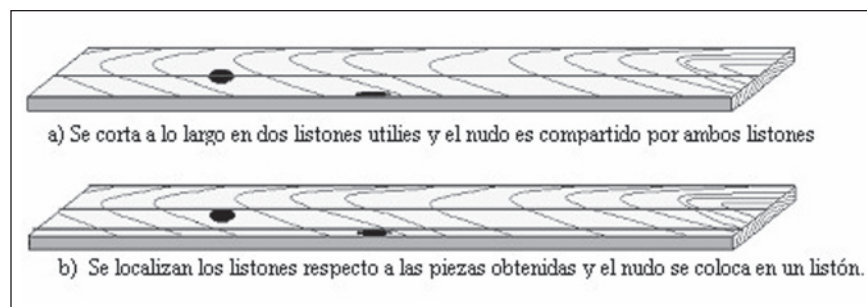


Figura 17.—Diferentes métodos de corte. En a) la tabla es cortada en la sierra múltiple para maximizar el rendimiento de listón. En el caso b) la tabla es cortada en la sierra múltiple para maximizar el rendimiento final de la pieza, obteniendo un listón largo y sano colocando el nudo completamente en otro listón.

se identifican las tablas torcidas y se dirigen a una línea de corte transversal para cortarlas por la mitad antes de ser procesadas en la sierra de corte longitudinal. Los molinos preliminares que tienen ambos sistemas de corte transversal y longitudinal pueden dirigir las tablas torcidas al sistema de corte transversal.

En los casos de cortes longitudinales con sistemas de optimización (que obtiene la imagen y sistemas de interpretación por computadora) las tablas torcidas no se procesan y pasan a la alimentadora de la sierra múltiple. Estas se mantienen separadas para mantener la optimización por computadora específicamente para las tablas apropiadas. El propósito de posicionamiento de la entrada es guiar la tabla y alinearla con las cuchillas recomendadas por el proceso de optimización. Algunos sistemas usan unas barreras móviles para posicionar la tabla frente al conjunto correcto de espacios de la sierra múltiple. Otros sistemas de alimentación usan correas para posicionar las tablas. Estas correas giran las tablas para alimentar la sierra múltiple alineándolas en un ángulo lo que será ventajoso si la tabla tiene curvatura excesiva. Los rodillos sujetadores agarran la tabla y la mantienen en posición según entra a la sierra.

Sierra Múltiple

Existen tres tipos de sierra múltiples: fija con barreras móviles (comúnmente llamado eje fijo), de cuchilla fija con sierra exterior móvil y sierra con todas las cuchillas móviles.

La sierra múltiple de fija con barreras móviles es la que predomina en los molinos preliminares de corte longitudinal que procesan muebles. Aun el diseño más sofisticado del eje puede eliminar completamente el desperdicio de listones de los bordes que se producen en las sierras de cuchilla fija, lo cual resulta en un gran problema para estos molinos.

Una limitación de las sierras múltiples de cuchilla fija es que no puede generar piezas con anchos aleatorios. La solución de este problema y la de los desperdicios de listones de los bordes es usar una sierra múltiple de eje doble donde uno de los ejes este equipado con dos cuchillas móviles. Las cuchillas móviles son capaces de moverse hacia los bordes externos de cada tabla para: 1) generar listones de anchos casuales y 2) eliminar o reducir el tamaño de desperdicios de listones de bordes. Esto es un arreglo particularmente beneficioso para el manufacturero con potencial fuerte en productos como paneles o piezas de anchos fijos.

Históricamente en la industria del molino se han usado las sierras con todas las cuchillas móviles, donde el producto cortado generalmente se moldea y no tiene bordes pegados. Sin embargo actualmente las sierras con cuchillas móviles son capaces de producir bordes que se pueden pegar, cosa que no hacían las sierras antiguas. Al quitar esta limitación la industria puede aumentar los rendimientos que resultan al usar las sierras de cuchilla móvil. Ya que la sierra múltiple tiene cuchillas móviles, en el proceso de optimización se ubican las cuchillas basado en el ancho de la tabla, ancho de la pieza y defectos cuando han sido debidamente identificados. Estas sierras múltiples son capaces de colocar las cuchillas en la mejor ubicación para cada tabla.

La producción de la sierra múltiple tiene un impacto significativo en la productividad de todo el molino preliminar. La capacidad de la mayoría de las sierras múltiples es tal que puede recargar el sistema. En tal situación sería recomendable bajar las operaciones de las sierras reduciendo la alimentación de la sierra o estimulando al operador de la sierra a observar las decisiones de la optimización y sustituirlas por otra decisión que parezca obviamente mejor. Una manera en que la sierra múltiple puede sobrecargar a los encargados de marcar es produciendo una cantidad grande de listones estrechos. Además, estos listones estrechos pueden atascar la alimentadora de la sierra y la sierra misma.

En algunos casos la productividad de la sierra múltiple se reduce debido a madera muy estrecha. Esta madera es cada vez más común y constituye un reto para la sierra múltiple en términos de productividad y rendimiento. Cuando la madera es muy estrecha, hay menos combinaciones de espacios disponibles en el eje de la sierra para producir rendimientos aceptables si se compara con el procesamiento de maderas anchas. El uso de cuchillas movibles, ya sea en sierra de eje dual o sierra con todas las cuchillas movibles, es un método para mejorar el rendimiento en tablas estrechas produciendo una combinación de listones de anchos fijos y casuales.

Responsabilidades del Operador de Control de Proceso

Existe una idea incorrecta de que los sistemas de computadora pueden operar correctamente sin la intervención humana. Pero en realidad el operador debe verificar que la sierra esté ajustada correctamente y que esté funcionando adecuadamente. El operador debe llevar a cabo un número de chequeos de control de calidad para asegurarse de lo siguiente:

- Exactitud en el largo y ancho de la tabla. Las dimensiones reales de la madera a procesar se debe comparar con las medidas obtenidas al optimizar. Si las medidas no coinciden, los sensores y las cámaras deben ser calibradas.
- Exactitud en los listones cortados. El ancho de los listones cortados se debe medir usando calibradores que puedan medir hasta 0.001 pulgadas. Listones que resultan con ancho diferente al especificado pueden indicar que en la construcción del eje, se usaron espacios incorrectos entre cuchillas o que las cuchillas movibles de la sierra no están correctamente ajustadas.

- Exactitud en la alineación de la línea del láser o del sistema de proyección de imagen de video. Para que la tabla (o sierras movibles) esté en posición correcta la línea del láser o la cámara de video tiene que tener una calibración y alineación correcta.
- Tamaño de los bordes de los listones. Cuando la sierra se ha ajustado para maximizar el rendimiento de los listones, los bordes anchos sugieren un diseño pobre del eje de la sierra múltiple o que hay pocos anchos disponibles en las sierras con todas las cuchillas movibles.
- Donde colocar el mejor lado: arriba o abajo. Con sistemas de video de un solo lado capaces de identificar defectos, los operadores deben colocar el mejor lado hacia las cámaras para las piezas C1F. El peor lado debe dirigirse hacia la cámara cuando se cortan piezas C2F.
- Madera torcida. El operador debe desviar la madera torcida de la sierra múltiple en el momento de su primer corte.

Al momento de alimentar la sierra múltiple es donde se separa las grandes estivas de madera y sería oportuno evaluar el contenido de humedad de la madera. Esto puede lograrse usando un método sistemático de control de manchas y manteniendo un registro del contenido de humedad de una muestra de la madera a procesarse. El contenido de humedad se controla para asegurar que la madera cumple con las especificaciones de contenido de humedad del producto. El no realizar estas pruebas causará problemas en el equipo, pegado, ensamblado y en el acabado del producto final.

Optimizando Operaciones de Sierras de Corte

Durante el 1990 muchos molinos preliminares adoptaron el sistema semiautomático de corte transversal para mejorar la eficiencia y la ganancia en el proceso. Como parte de este sistema, los empleados localizaban defectos y los marcaban con un crayón fosforescente. Luego un escáner detectaba los extremos de cada pieza y las marcas del crayón. En un sistema completamente automatizado de optimización, que es el más común en la industria de la madera, el escáner detecta el defecto sin el uso de marcas. El uso de sierras de cortes transversales logra un aumento en el rendimiento y un ahorro en los costos para muchos molinos preliminares. En algunos molinos preliminares, el rendimiento ha aumentando de un 4 a un 10 por ciento después de adoptar el sistema automatizado. Un beneficio indiscutible de las sierras automatizadas es que mejora la seguridad, ya que el operador no maneja directamente la sierra, pero la mayoría de los gerentes de los molinos preliminares también esperan aumentar la productividad y el rendimiento de la madera. El reducir el tiempo de entrenamiento y aumentar la consistencia en el corte durante el día y la semana son otros beneficios atribuidos a la automatización.

Los beneficios de la automatización dependen en cómo se usa la sierra y cuán confiable es el proceso y las prácticas de control de calidad que se adopten. Los beneficios de rendimiento se derivan de las sierras de optimización cuando más tamaños y tipos de piezas se corten simultáneamente, en contraste con lo que se podría haber hecho en una sierra manual. Algunos molinos preliminares instalan nuevas sierras sin la necesidad de instalar estaciones adicionales de clasificación y/o espacio de almacenamiento para piezas.

Mayor Longitud Produce Mayor Rendimiento

Un estudio del efecto de rendimiento al procesar más piezas de un mismo largo a un mismo tiempo revela que al cortar 15 piezas de una misma longitud juntas en vez de 3 grupos de 5 piezas de igual longitud aumenta el rendimiento de un 10 a un 12 por ciento. En otro estudio donde se añadieron largos adicionales a un tipo de corte (uno a la vez), añadir un quinto largo aumenta el rendimiento por un 4 por ciento y de ahí en adelante cada largo que se añade disminuye el rendimiento. Cuando el número de largos aumenta de 5 a 8 el rendimiento total aumenta un 10 por ciento.

Consideraciones Básicas para los Operadores de Sierra

Muchas guías de operación para los marcadores de tipo y defectos que trabajan con sierras de optimización son similares a aquellos manuales para operadores de sierras de corte transversal o de desbaste. Los operadores y los supervisores deben leer *Largo del Corte en un manual de Sierra de corte transversal* (Mitchell 2003) para un repaso de cómo las decisiones relacionadas con cortado y marcado afectan el rendimiento de la madera. Generalmente todos los cortes hechos en sierras de corte transversal en molinos preliminares donde el corte transversal se hace primero, se hacen primordialmente para conseguir los tipos de largos en algunos tipos de piezas requeridos, pero la mayoría de los defectos ocurre en la línea de corte longitudinal. Por el contrario, en un molino donde el corte longitudinal se hace primero, la mayoría de los defectos ocurren en la etapa de desbaste. En ambos casos, la segunda operación de corte es la que produce la mayor parte de la remoción de piezas defectuosas.

El artículo de Mitchell (2003) incluye los siguientes conceptos claves:

- Para obtener el mejor rendimiento, el marcador de defectos de la sierra de corte transversal debe tratar de no remover todos los defectos, la mayoría de esta remoción se puede hacer en la operación de corte longitudinal que sigue. Una buena regla heurística a seguir es la siguiente: aquellos defectos que ocupan la mitad del ancho de la pieza deben ser removidos en el momento del corte transversal.
- Si los cortes largos son especialmente importantes y valiosos, la identificación de defectos en la sierra de corte transversal debe ser mínima. Si no es valioso ni se hace particularmente difícil obtener piezas largas, los defectos en la sierra de corte transversal pueden aumentar.
- El encargado de marcar los defectos en la sierra de corte transversal o de desbaste debe inspeccionar ambos lados de las piezas. Cuando se está cortando piezas tipo C2F, se debe colocar la parte defectuosa hacia arriba para que sea visible. En el caso de las piezas tipo C1F, coloque la parte sin defectos hacia arriba. Usar espejos de manera que el encargado de marcar los defectos pueda ver la parte de abajo de las piezas puede ser efectivo. Puede tomar varios días (y usualmente hay una temporada de baja producción) en lo que un nuevo empleado se acostumbre a los espejos, pero gradualmente habrá un aumento en la rapidez y la precisión. Los espejos, en última instancia, mejorarán la rapidez del marcado, la calidad del marcado o ambos.
- El primer corte se hace para cuadrar los extremos y quitar las grietas. Sin embargo una grieta aislada de más de 1 o 2 pulgadas, debe dejarse para ser removidos en las sierras de corte longitudinal. Esta distinción no se puede hacer si la sierra de

optimización está ajustada para cepillar automáticamente los extremos de cada pieza por una cantidad específica. Para piezas con múltiples grietas en los extremos, los marcadores deben decidir por cortes de cepillado más largos de los que se hubieran hecho por operadores de sierras manuales, porque el marcador no puede re-evaluar el extremo del panel después del primer corte para luego determinar si otro corte de cepillado es necesario para completar la remoción de todas las grietas y quebraduras. Por lo tanto, se hace cepillado de extremos más substanciales para reducir el riesgo que las piezas cortadas de los extremos del panel o el listón sean rechazadas. Como resultado hay una gran pérdida en el rendimiento asociado a la etapa de cepillado de los extremos en sierras de optimización. Por otro lado, si no se cepillan adecuadamente con cortes de gran tamaño en los extremos, se rechazarán más piezas, con la consecuencia de mayores costos de operación y mayor pérdida de rendimiento.

- Para determinar el largo óptimo a remover para un rendimiento máximo, los marcadores deben regularmente evaluar la apariencia de los extremos de las piezas aceptables empacadas y revisar las grietas de las piezas desechadas de los paneles y listones procesados. La cantidad cepillada debe variar de acuerdo a la especie de madera. Por ejemplo, especies propensas a grietas como el roble y el hayal han de requerir mayor ajuste de cepillado que otras especies.
- Usualmente los nudos espinosos, las fibras vellosas o torcidas deberán ser removidas de los molinos preliminares. Estos defectos afectan mucho el ancho de las piezas y en el caso de los nudos espinosos y la fibra vellosa puede causar fallas estructurales en las piezas según pasan por las operaciones

subsiguientes como por ejemplo la de moldeado.

- Marque los defectos de modo que las marcas toquen el borde del defecto. Hay ocasiones en las que hasta los mas pequeños errores al marcar (ejemplo por $\frac{1}{4}$ de pulgada) pueden resultar en pérdidas significativas de rendimiento. Por ejemplo, una pieza larga que se encuentra entre defectos en los extremos no se puede recuperar si las marcas parecen indicar que la longitud de la parte sin defectos disponible no es útil.
- El error promedio al marcar los defectos de las piezas en tres molinos preliminares fue de 1.7 pulgadas. En un panel de 10 pies, esto representa una pérdida en rendimiento de 1.4 por ciento por defecto al marcar, si las marcas se colocan demasiado lejos de los defectos de lo que sería óptimo. Esto es común pues los marcadores están conscientes de la necesidad de minimizar el número de piezas rechazadas. Se ha observado que marcadores nuevos marcan más cerca de los bordes de los defectos que los marcadores experimentados que trabajan a un paso mucho más acelerado que los novatos.
- La remoción de paneles y listones de la correa transportadora de producción, (adelantando las piezas hacia el alimentador de la sierra y distribuyendo los paneles entre las estaciones de marcado) no debe ser tarea que consuma mucho tiempo, ya que la atención y el tiempo de los marcadores debe centrarse en el marcado. Estaciones de alimentación muy recargadas aminoran la tasa a la que los marcadores pueden re-alimentar sus mesas de trabajo. El trabajo del marcador se hace aún más difícil si éste tiene que clasificar y remover deshechos producidos por el molino. Las modificaciones del diseño de las estaciones de trabajo generalmente mejoran tanto la

calidad como la productividad de la tarea de marcado de defectos.

Exactitud en el Marcado

En un estudio de reconocimiento de defectos y del desempeño en el marcado en seis molinos preliminares, había diferencias significativas en exactitud entre los marcadores de defectos. El tipo de madera, la tasa de salida de la estación de marcado y la complejidad del corte son factores que afectan la precisión en el marcado. Una precisión pobre (una tasa de 20 a 30 por ciento de errores) fue asociada con molinos que procesan grados inferiores de madera a velocidades altas utilizando requerimientos y variables de corte más complejos. Una buena precisión de marcado (tasa <10 por ciento de errores) fue asociada a los molinos que procesaban una madera de mayor calidad a menor tasa de producción a través de las estaciones de marcado.

Evaluación Continua del Desempeño de las Sierras

Con el fin de optimizar el desempeño del sistema existente, las características y los problemas de las máquinas (sierras y escáner) se deben conocer y monitorear diariamente por el personal del molino (supervisores, operadores, personal de mantenimiento y marcadores de defectos). Hay muchos errores en el sistema de sierras que pasan desapercibidos. Se deben conducir diariamente pruebas de control de calidad de la precisión del sistema. Las medidas que deben ser monitoreadas son: tipos de marcas que el escáner no identifica, tipos de marcas que el escáner identifica y no existen, el porcentaje de piezas que se cortan con tamaño incorrecto (muy cortas o muy largas) y la tasa de rechazo.

El personal encargado del marcado de defectos debe ser responsable de muchas de estas medidas para que aprendan a ser precavidos de los problemas más

comunes y puedan reconocer estas situaciones que ocurren con mucha frecuencia.

Se espera que tanto el especialista en mantenimiento como el supervisor del molino (o el asistente de supervisión) tengan un conocimiento extenso de la sierra de optimización y sepan diagnosticar y reparar estos problemas.

Los problemas mas comunes que se confrontan en las sierras de optimización son:

- Piezas mal cortadas donde la primera pieza cortada en el panel o listón es de tamaño incorrecto, causado esto por la correa u otro tipo de desperfecto mecánico tales como acumulación del material del crayón en los rodillos de alimentación.
- Piezas mal cortadas donde cierta pieza es consistentemente muy larga o muy corta debido a la mala calibración del decodificador de la computadora.
- Cortes de la sierra que se hacen muy lejos de las marcas del crayón a lo largo del panel o el listón debido a que la cámara esta a una distancia incorrecta de la pieza de madera.
- Cortes de la sierra que están fuera de las marcas del crayón por una distancia no uniforme a lo largo del panel o el listón debido a desperfectos mecánicos o mala calibración de la cámara.

- Marcas del crayón no detectadas debido a que el lente de la cámara esta sucio.
- Marcas del crayón no detectadas debido a la mala calidad del crayón (muy viejo o sobre expuesto al sol). Los nuevos aerosoles fluorescentes pueden eliminar ese problema.

La Mejor Oportunidad... y el Mayor Fracaso

La consistencia que se atribuye a la sierra de optimización frecuentemente se pierde cuando el personal cambia los ajustes de los valores de los largos de las piezas para mejorar la producción de un largo particular. El impacto resultante en rendimiento y en la recuperación de este largo particular raras veces se comprende. Se pueden conducir simulaciones válidas usando datos de los largos y anchos de los paneles/listones medidos por el escáner que está localizado en la alimentadora de la sierra. Estos datos de tamaño resultan ser una información crítica que debe usarse en el plan de producción para rendimiento y ganancia máxima. De hecho la mejor oportunidad para mejorar el desempeño de un sistema automatizado de corte transversal descansa en el uso de la capacidad de simulación que tiene la sierra computarizada.

SECCIÓN 3:
PREPARACIÓN DEL PANEL, ENSAMBLAJE
DE RETAZOS, Y OPERACIONES DE MOLDEO

Operaciones de Preparación del Panel

La mayoría de las piezas anchas de los muebles, tales como topes de mesa y cabeceras de cama, utilizan paneles con bordes que han sido unidos con pegamento. Estos paneles se pueden construir con anchos fijos o con componentes de anchos variables aunque el uso de estos últimos es más común. La operación de preparación del panel como función del molino preliminar consiste en la manufactura de los bordes para pegarse, pareado de color, pareado de fibra y ajuste del tamaño del panel.

Construcción de Bordes Apropriados para Pegar

El primer y más importante paso en la preparación del panel es producir un borde suave que produzca buenos resultados en la línea de pegado. Maquinaria defectuosa o control pobre de la humedad puede resultar en una superficie que cause fallas al pegarse. Es práctica común que el borde que ha de pegarse se produzca bien con una sierra de corte longitudinal o con una sierra múltiple. No importa el tipo de sierra que se use, los bordes deben ser:

- suaves y rectos de extremo a extremo
- de cuadro perfecto a ambos lados
- paralelos con el borde opuesto
- libre de pelusa suelta
- no pulido por la sierra

Es crucial para la producción de superficies adecuadas para el pegado que la sierra tenga un buen mantenimiento. Sierras defectuosas pueden producir superficies ásperas caracterizadas por profundos surcos que deja la cuchilla de la sierra. El borde a pegarse debe ser recto de extremo a extremo de modo que los listones adyacentes se toquen a lo largo de su longitud. Una apertura a lo largo de la unión del pegamento puede indicar problemas con el carril de la cadena de alimentación. Espacios vacíos en los extremos y uniones abiertas son inaceptables. Un espacio vacío que ocurre a mitad del largo entre dos listones adyacentes se conoce como “una unión

falsa” que se pueda aceptar si es leve y se puede cerrar repitiendo el proceso de pegamento. El obligar el cierre de la unión falsa crea tensión en la línea de pegado que será proporcional a la cantidad de fuerza utilizada y por lo tanto el ancho del espacio permitido debe limitarse. La regla heurística a usarse para determinar la unión falsa permitida es de .005 pulgada para piezas de un largo de 40 pulgadas. La preparación de las uniones es más crítico con máquinas de flujo continuo de pega porque la acumulación de errores en el ancho será muy grande para que el proceso termine. El mismo grado de error se tolera más con una prensa.

La alineación de la sierra debe ser perpendicular al yunque, de manera que los bordes estén cuadrados a ambos lados de la pieza. Bordes que no estén cuadrados causarán vacíos en el momento de ensamblarlo. Estos vacíos se cierran a la fuerza causando una presión excesiva en la prensa que causa un rompimiento en la célula de la madera y una liberación de pega excesiva en los puntos de alta presión. A la misma vez la presión inadecuada que se aplica a los puntos de baja presión hace que se forme un vacío mayor y una unión de gran resistencia.

Maderas planas trabajan mejor ya que son más estables según pasan a través de la sierra de corte longitudinal. Paneles ásperos pueden moverse en la sierra longitudinal causando bordes no parejos y posibles rebotes de la pieza o del borde.

Los lados opuestos de la piezas que van a ser pegadas deben ser paralelos. Ocasionalmente, cuando la operación trata de mejorar el rendimiento cortando sin acotación produce bordes que están en ángulo con el borde opuesto. Las piezas resultantes no van a ser estables en las prensas y será muy difícil aplicar presión uniforme a través de las uniones de pegamento.

Las cuchillas de la sierras deben mantenerse afiladas. Las cuchillas desgastadas generarán calor excesivo que puede quemar la madera. Otro problema menos obvio es que una navaja desgastada puede pulir excesivamente la madera. La superficie debe verse con un brillo lustroso, pero no pulida. Sin embargo, la pega no puede humedecer y penetrar esta superficie y como resultado se producirá una unión defectuosa.

Una cuchilla desgastada puede acentuar otros problemas inherentes a la madera tales como la tensión de la madera, una respuesta de crecimiento anormal en maderas delgadas. Al cortar madera fuerte con una cuchilla desgastada resulta en fibras vellosas que no resisten el proceso de corte. Estos vellos que están parcialmente atados a la superficie interfieren en el ensamblado y por lo tanto crean una unión o adhesión defectuosa. Los problemas relacionados a las fibras vellosas son mayores si la madera tiene un alto contenido de humedad.

Problemas Comunes del Pegado

La maquinaria inicialmente produce un borde apropiado para el pegado, pero la humedad cambia antes o después de haberse pegado la madera y esto puede resultar en un producto inaceptable. Muchos de los problemas con paneles con bordes con pegamento se deben a cambios en la humedad. Considere la descripción y el remedio para algunos de los problemas más comunes con el pegado.

Tabla hundida o elevada. Esto ocurre cuando maderas de diferente humedad se pegan para ser paneles y luego la superficie se aplanada. Un alto contenido de humedad en la madera eventualmente se perderá y la madera se encogerá y se hará menos gruesa que los bordes adyacentes que al inicio tenían un contenido de humedad inferior (Figura 18). Para evitar esto, la madera debe tener el mismo contenido de humedad cuando se va pegar (dentro de un margen de 2 por ciento).

Uniones hundidas. El agua de la pega hace que se expanda la madera adyacente a la línea de pegado. El cepillar el panel antes que la humedad haya tenido tiempo para distribuirse a través del panel hará que se remueva mas madera cerca de la línea de pegado que lejos de ella. Aunque la superficie aparente ser suave inmediatamente después del cepillado el cambio futuro de la humedad fuera de la línea de pegado hacia una distribución uniforme causará un encogimiento en la madera cerca de la línea de pegado, dejando un surco superficial o una unión hundida (Figura 19). Para corregir esto, debe de haber un periodo de acontecimiento cuyo largo depende del grosor, temperatura y el producto final, antes del cepillado.

Uniones abiertas. Asumiendo que inicialmente la madera tiene un contenido correcto de humedad, las uniones abiertas frecuentemente son causadas por cambios en el contenido de humedad de la pieza

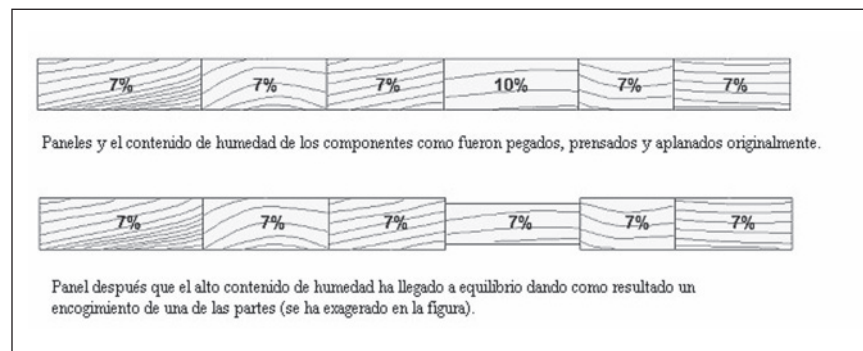


Figura 18.—Desarrollo de una tabla hundida o encogida en un panel que contiene uno de sus componentes con alto contenido de humedad.

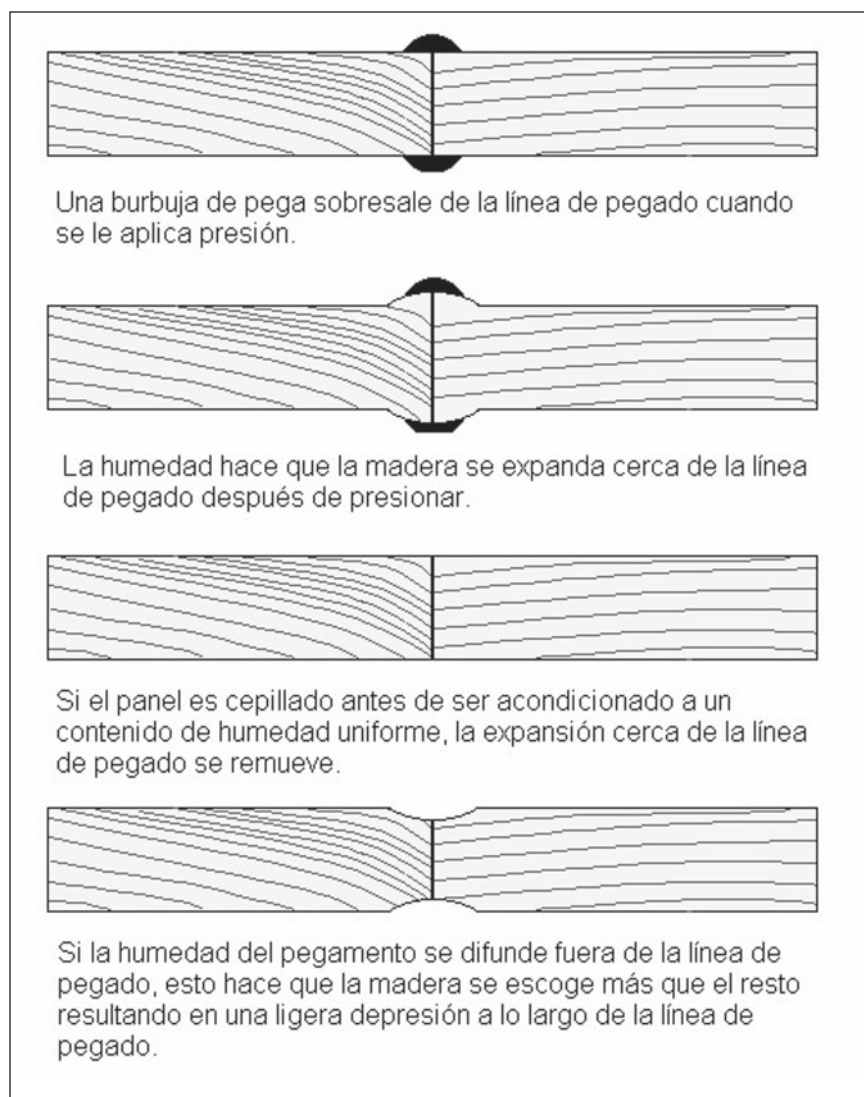


Figura 19.—Causas que parecen causar el hundimiento en uniones.

cuando ocurre un retraso entre el maquinado y el pegado. Típicamente las piezas que han de pegarse permanecen apiladas dejando expuestas las fibras de los extremos. En los extremos de la madera los cambios en contenido humedad y tamaño ocurren con mayor rapidez (de 5 a 10 veces más rápido). Si hay una espera entre el proceso de maquinado y el pegado de un día para otro, las piezas pueden absorber o perder humedad. Este problema es más común en el invierno, cuando la humedad relativa en el molino es baja, lo que causa cambios en las dimensiones de los extremos de las piezas de madera. Al momento del pegado se requerirá presión adicional para disimular los vacíos que se forman. Aunque esta abertura causada por el vacío se cierra

temporalmente, es muy probable que se abra con los futuros cambios de humedad. Para evitar esta situación, se debería adoptar la política de lo que se corte hoy se pegue hoy. Esta práctica evitará también la contaminación de polvo, sucio o grasa en la madera. Además el rendimiento que se pierde por razones de la humedad se puede aminorar si se controla el equilibrio de la humedad en el almacén de las piezas.

Paneles acopados. Los paneles acopados surgen por las diferencias entre la expansión tangencial y radial. Paneles que no han sido perfectamente aplanados o cepillados no mantienen los bordes perpendiculares al haber cambios en la humedad. Aunque esto puede

ser leve en cada borde, el que se peguen bordes similares causan un panel torcido. Con carácter preventivo, y mantener estabilidad en los tabloncillos adyacentes, debe mantenerse alternada la dirección de los anillos de la madera.

Emparejamiento de la Fibra

El que la madera esté torcida siempre presenta límites para conseguir piezas con el ancho máximo permitido por el panel. Muchas operaciones limitan el ancho de cada componente a 3 ó 4 pulgadas para así minimizar el que cada pieza se acople individualmente. Desafortunadamente no se pone mucho empeño en alternar los anillos (como se explicó arriba). El resultado neto es que paneles anchos se desgarran y tienden a unirse o puede involucrar un emparejamiento en su orientación original con ningún aumento en la estabilidad de las dimensiones, pero con un aumento grande en los costos. La evidencia anecdótica de algunas operaciones sugiere que para algunas especies y productos, el ancho de los listones que se han de incorporar a un panel puede aumentar si el contenido de humedad original resulta ser el mismo que el del producto final.

Emparejamiento de Color

Un panel construido de componentes de colores similares es más atractivo y tienen más valor que un panel construido de piezas tomadas al azar. Para algunas operaciones la apariencia requerida del producto final amerita un emparejado de color de las piezas. El emparejamiento del color puede ser tan simple como separar la madera alburente (sámago) del duramen, o puede involucrar un emparejamiento cuidadoso de varias tonalidades de color y de la apariencia de la fibra. Los operadores son capaces de clasificar las piezas en hasta cuatro grupos de colores. Algunas limitaciones son: 1) diferencias en la habilidad de percepción de los colores entre operadores, y 2) reducción en la producción debido al cansancio del operador según avanza el día de trabajo. Recientemente, se han desarrollado equipos

para automatizar la clasificación de colores y aliviar los problemas de la clasificación manual. Con un separador de colores automatizado el reto consiste en garantizar que hasta los paneles desteñidos sean colocados en productos para la venta.

Ajuste del Tamaño del Panel

El ajuste de tamaño del panel se pasa por alto o se hace pobremente. La mayoría de los paneles se construyen de $\frac{1}{2}$ a $\frac{3}{4}$ pulgadas mas ancho de lo requerido. Es importante recordar que $\frac{1}{2}$ pulgada de desperdicio en un panel de 25 pulgadas de ancho representa el 2 por ciento del rendimiento del panel. Los paneles ensamblados no deben alejarse de $\frac{1}{8}$ de pulgada de las dimensiones originales del panel. Existen al menos cuatro técnicas para minimizar los desperdicios generados en la preparación del panel.

1. Optimice la preparación del panel con automatización. La tecnología disponible puede medir el ancho de distintas piezas y automáticamente seleccionar la mejor combinación disponible para preparar un panel de ancho dado. Aunque estos sistemas tienen la capacidad de construir paneles con un error menor o igual a $\frac{1}{8}$ de pulgada de lo requerido, algunas operaciones tienen que aumentar la tolerancia si producen sólo un número de piezas de un ancho determinado (tal vez con un sierra longitudinal de ancho fijo). Cuando se utiliza una máquina automática de preparación, nótese también que para obtener un panel con un color parejo, se requiere una clasificación previa de colores y por consiguiente se requiere un sistema más complejo de inventario de piezas.
2. Durante la preparación se debe usar un patrón o plantilla para limitar el tamaño del panel. Se pueden inventar una gran variedad de plantillas. Se puede utilizar un sistema de marcado utilizando cinta adhesiva o un lápiz de marcar para señalar los bordes donde se ha de hacer el corte (Figura 20). Luego la

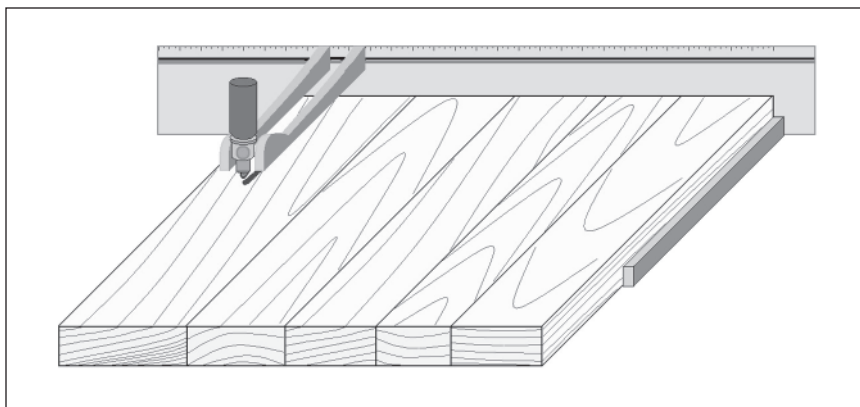


Figura 20.—Un marcador de pintura automático marca el ancho que se desea del panel.

tabla se pasa al operador de la sierra para el corte adecuado. Algunas operaciones utilizan una partición dual que empaca el panel según se acomodan en el carro o la paleta. Un lado de la partición se marca para indicar el ancho deseado del panel. El empleado que marca y el operador de la sierra se comunican con señas manuales para indicar cuan ancho se necesita para el panel.

3. Utilice la parte más ancha del borde final cuando prepare el panel, y luego ajuste el ensamblaje (pero no pegue) usando una sierra pulidora o una sierra de corte longitudinal recto, con un calibrador de panel. El exceso que se ha cortado o rebajado se puede usar como la primera pieza del próximo panel (Figura 21).
4. Vuelva a cortar los paneles que ya han sido pegados y guarde los listones sobrantes para su uso posterior. El uso de estos listones sobrantes aumentará el rendimiento. Además el aumento en los costos asociados al mantenimiento de inventario y el manejo del material debe ser menor que el beneficio de rendimiento logrado.

La habilidad de producir piezas de ancho variado para su utilización en la construcción de paneles puede aumentar el rendimiento del molino preliminar en aproximadamente un 5 por ciento si se compara con la producción de piezas de ancho fijo. Cuando el contenido de humedad en la madera y en

las piezas es cuidadosamente controlado, se alcanzan rendimientos más altos. Es importante mantener en mente que una pieza de madera mojada puede afectar a múltiples paneles. En las operaciones del panel, los problemas relacionados con la humedad son la mayor causa para que el rendimiento disminuya.

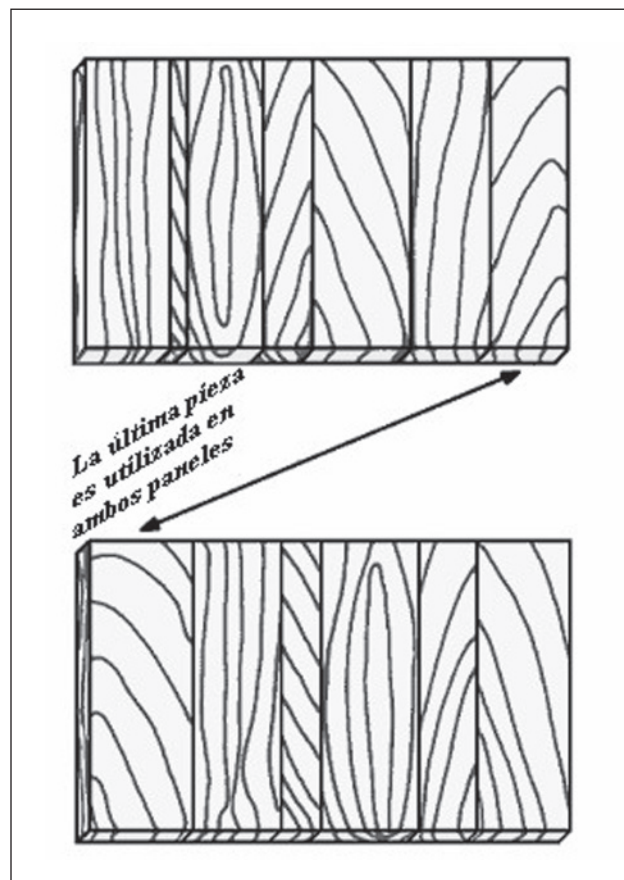


Figura 21.—Utilización del sobrante de un panel como la primera pieza del próximo panel.

Mejorando el Rendimiento de los Molinos Preliminares con el Ensamblaje de Retazos

En el proceso que se conoce como ensamblaje de retazos (ER), las piezas más pequeñas (bloques ER) del suministro de maderas del mismo ancho se unen para formar piezas más largas (hojas ER). En la industria de la madera, las hojas ER se utilizan para producir molduras, muebles de interiores, substratos y pisos. El ensamblaje de retazos puede ayudar potencialmente al fabricante a aumentar el rendimiento de los molinos preliminares lo que les permitirá a los operadores que puedan utilizar sierras de péndulos para realizar recortes a distintas distancias a lo largo de una distancia fija. Al recortar las maderas solamente en las medidas que se han marcado previamente, se reduce dramáticamente la habilidad de la sierra de péndulo de utilizar en su totalidad la cantidad de madera limpia que queda al eliminar los defectos. Varios fabricantes que han comenzado a utilizar el ensamblaje de retazos han reportado más de un 10 por ciento de mejoras en rendimiento.

Consideraciones de Producción del Ensamblaje de Retazos

La planificación de la producción debe tomarse en consideración antes de que la compañía compre un ensamblador de retazos para aumentar el rendimiento. Algunas de estas máquinas pueden funcionar con 50,000 a 60,000 pies lineales en cada turno de 8 horas, mientras otras sólo funcionan con 3,000 ó 4,000 pies lineales en cada turno de 8 horas. Para utilizar a capacidad la máquina de manera que genere una alta producción, los molinos preliminares podrían necesitar un suplemento de sus propios bloques de ER con bloques de ER que consigan en otros lugares o reemplazar parte de la producción de productos corrientes por productos ER. Otra alternativa que la compañía tiene es comprar una máquina que tenga un nivel de producción bajo. Las máquinas con bajos niveles de producción, por

lo general, cuestan menos, así que el comprarlas redundará en un mejor ajuste en el presupuesto del capital de inversión para la mayoría de los fabricantes.

Los ensambladores de retazos se fabrican en una amplia variedad de configuraciones: algunas máquinas hacen las uniones en la superficie tangencial de los suministros de madera, mientras otras máquinas hacen la unión en la superficie radial. Cada diseño se utiliza con distintos criterios de acabado y un diseño puede aceptarse como mejor que otro, dependiendo de la variedad de valores estéticos que existen en las distintas partes del mundo.

Hay que tener en cuenta el diseño de las herramientas de los ER. Las herramientas pueden comprarse para producir uniones de un rango tan corto como de ¼ de pulgada a uno tan largo como de ¾ de pulgada. Los bloques ER que se colocan en los ensambladores de retazos se recortan en el siguiente orden: primero en cuadrados y luego se le dan cortes de un dedo en cada extremo. La cantidad de suministro de madera que se elimina al cuadrar la madera en el proceso y el largo del ensamblaje lo determinará la pérdida que ocurra en el maquinado.

Por ejemplo, al eliminar 3/16 de pulgadas en ambas terminaciones en los bloques ER que miden 3/8 de pulgadas de empate con un largo promedio de 16 pulgadas, el rendimiento perdido debido al maquinado del ensamblador de retazos se puede calcular con la fórmula que presentamos a continuación:

$$\text{La pérdida de rendimiento del ER} = [(3/16'' * 2) + 3/8''] / 16'' = 4.7 \text{ por ciento en pérdidas.}$$

Algunos fabricantes se topan con dificultades cuando, al cambiar de un ensamblador de retazos a un ensamblador de largo menor, intentan mantener las mismas especificaciones de control de calidad. Generalmente, mientras más grande es la longitud de los ensamblajes, resulta más fácil ensamblar apropiadamente las piezas.

Los Requisitos para Unir los Bloques con el Ensamblador de Retazos

Los bordes de los bloques ER que se unirán con el ensamblador de retazos deben ser paralelos y tener el mismo ancho en cada extremo. Los bloques ER que no tengan los bordes paralelos al unirlos con el ensamblador de retazos pueden producir un desnivel de una pieza a la próxima. El desnivel provoca que el maquinado de hojas ER que pasen a través de otras máquinas (como por ejemplo, la moldurera) pueda generar rechazos. Una compañía interesada en producir bloques ER debe considerar que la sierra de cadena de línea recta no hace un

trabajo tan bueno como el que hace la sierra de tronzadora al cortar suministros paralelos. Si los suministros van a cortarse en línea recta, debe tenerse gran cuidado para asegurarse que se corten correctamente los bloques. El espesor es importante también. La mayoría de los ensambladores de retazos sólo permiten un espesor de alrededor 1/16 pulgada (.0625 pulgada). Cualquier bloque ER que sobrepase esa tolerancia, podría presentar dificultades al someterlo al ensamblaje de retazos, aunque no sería completamente imposible que se lograra exitosamente el proceso. Para cumplir con los requisitos de espesor, un fabricante debe tener una superficie áspera capaz de controlar el espesor del suministro con un 1/16 pulgada. Los requisitos de ancho y espesor son críticos para una compañía con una nueva operación en la que se ha instalado un ensamblador de retazos que podría cambiar totalmente la producción en línea y el equipo que se utilice, si no es capaz de reunir los estándares requerido.

Mejorar el Rendimiento de los Molinos Preliminares en la Moldurera

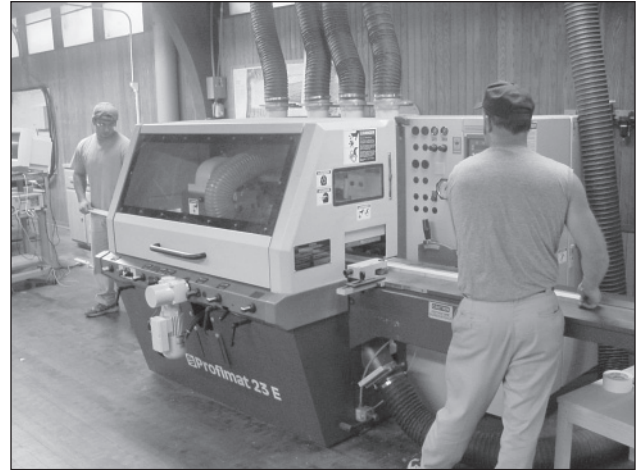
El estimado de pérdidas en la producción en el proceso en la moldurera fluctúa entre un 2 por ciento y un 5 por ciento. Esta pérdida tiene mayor impacto en el rendimiento total y aumenta el costo de los materiales. Estas pérdidas, al ser menores que las de las primeras estaciones de recorte en los molinos preliminares, son principalmente pasadas por alto tanto por la gerencia como por el personal de los molinos preliminares. Las pérdidas que ocurren en el proceso de la moldurera están casi siempre relacionadas con uno de los siguientes factores:

- Tolerancia/holgura de la moldurera
- El proceso de ajustar la máquina
- Defectos que ocurren durante el proceso de maquinado
- Defectos naturales en los que el suministro no se le ha suministrado adecuadamente a la máquina.

Mientras, es muy poco probable que un cero por ciento de razón de rechazo pueda jamás lograrse, tan poco como un 1 por ciento en cambios que logren recuperación de pérdidas en la moldurera de una firma que produce \$6,000,000 anualmente en ventas, podría conducir a un ahorro neto de alrededor de \$60,000 anuales. Cuando se rechaza una parte en el proceso de la moldurera, es casi imposible rehacer o cortar el material para generar otro producto, así que usualmente la pérdida es total.

Tolerancia/Holgura de la Moldurera

Tal vez, la manera más fácil de reducir los desperdicios en el proceso de la moldurera es simplemente reducir el material que puede pasarse por la moldurera. La compensación permitida en la moldurera es la cantidad de material que se deja en los bordes de los suministros de los molinos preliminares con el objetivo de producir distintos tamaños de madera en el proceso. Por muchos años, el estándar de la industria era en $\frac{1}{4}$ pulgada. En años



recientes, varias empresas han comenzado a utilizar solamente $\frac{1}{8}$ de pulgada. Parte de las razones por las que algunas compañías han sido exitosas usando menos compensación es debido al incremento en el desgarre en la sierra.

Una sierra de este tipo produce mayor uniformidad en el ancho que una sierra de cadena de línea recta, de modo que requiere menos suministros para la moldurera. Una regla general, por experiencia previa cuando usas la sierra de tronzadora es utilizar una compensación de $\frac{3}{16}$ pulgada para largos mayores de 36 pulgadas y $\frac{1}{8}$ pulgada cuando las piezas de la moldurera son menores de 36 pulgadas. Algunas plantas pueden encontrar que pueden utilizar $\frac{1}{8}$ de compensación en piezas más largas de 36 pulgadas en algunos casos. ¡Presta atención! Un aumento en el número de rechazos generados no debe tolerarse para reducir la compensación permitida en la moldurera.

Piezas Perdidas en los Ajustes

Otra oportunidad para lograr ahorros es la de eliminar piezas o partes que se pierden en los ajustes. Tradicionalmente, los molinos preliminares perdían la suficiente cantidad de material durante

el proceso de ajustes en la operación de la moldurera. No obstante, la industria hoy en día tiene una nueva tecnología de lectores digitales/ mecánicos e instrumentos que miden la curvatura de la herramienta de cortar que está disponible en las nuevas maquinarias. Adicionalmente, existen actualizaciones para las máquinas viejas. Con el uso de estos aparatos, la mayoría de las pérdidas relacionadas con los ajustes se pueden eliminar. Las compañías que deciden utilizar un sistema que no es como el nuestro, deben trabajar para reducir los costos en los que incurren en el ajuste de la operación. Una manera de reducir los costos es utilizar material menos costoso (como por ejemplo piezas no-transparentes) en las piezas de ajustes.

Defectos de Máquina

En una operación normal de la moldurera, puede haber pérdida, lo que es perfectamente normal, debido al proceso de maquinado. Estas pérdidas se le atribuyen generalmente a los rechazos. Mientras es imposible obtener una razón de rechazo de cero, los defectos de maquinado pueden reducirse para que no tengan un impacto significativo en el rendimiento total. Los defectos de máquinas, las causas y las típicas soluciones se enumeran a continuación:

- *El amontonamiento de fibras* – la superficie áspera (preliminares) de la madera se caracteriza por la dureza de la madera de verano versus la suavidad de la madera de primavera, pero no sale directamente de esta diferencia. Esto pasa cuando las cuchillas se encuentran rotas y no tienen las propiedades necesarias para cortar las fibras. Este defecto es más frecuente en ciertos casos como en el de las maderas tipo “basswood” y “aspen.” Este defecto ocurre con menos frecuencia en maderas de 6 y 10 por ciento de contenido de agua; también se disminuye la frecuencia con la que ocurre este defecto, si se mantienen las cuchillas afiladas.

- *Las fibras opacas* – son extremos sueltos de las fibras que se han amontonado en la superficie del suministro después de haberlo maquinado. Esto generalmente ocurre cuando se trabaja con madera húmeda. La circunstancia ideal para mejorar considerablemente la situación sería moldear el suministro con un 8 a un 10 por ciento de contenido de agua, manteniendo las cuchillas afiladas y aumentando el ángulo de agarre y el ángulo de agudeza en las cuchillas, particularmente si el suministro de la máquina es más húmedo de lo ideal.
- *Las fibras astilladas o desgarradas* – se caracterizan por los hoyos o los vacíos debajo del plano del corte que son el resultado de las fibras que se le arrancan a la madera en lugar de cortárselas. Este defecto ocurre con más frecuencia alrededor de las fibras, y de los suministros en los que el contenido de agua está por debajo del 7 por ciento. Realizando el ángulo de agarre y una agudeza más efectivos, manteniendo las cuchillas afiladas, alimentando el suministro en la dirección de la fibra, moviendo el cortador de astillas cerca del círculo de corte, haciendo cortes más pequeños, reduciendo la razón de alimentación e instalando las cuchillas en la base cortadora lo más cerca posible se puede reducir la frecuencia con que ocurre este defecto.
- *Las marcas de la viruta* – se caracteriza por aperturas vacías en la superficie del suministro. Este defecto lo provocan las virutas que están al final de la punta de la cuchilla que está encajada en la superficie terminada de la base cortadora rotatoria que termina con una apertura. La manera más eficaz de reducir o eliminar este defecto es

proporcionándole un mejor aspirador de polvo al sistema, de forma que la viruta se aspire fuera de la extremidad de la cuchilla. Afilas las cuchillas y cambiar el tipo/tamaño de la viruta por el aumento o disminución de la alimentación y la profundidad del corte, pueden también tener un efecto positivo.

- *La superficie brillante* – se caracteriza por el pulido de la superficie del suministro al punto que no sellará correctamente. Este defecto se debe a que se utilizan muchas cuchillas en el corte final. Esto es generalmente un problema para las máquinas unidas, donde la máquina está funcionando a una razón de alimentación muy baja. Aumentando la razón de alimentación, removiendo las cuchillas del corte y dejando de unir las navajas, se puede arreglar este defecto. La afiladura de las cuchillas también puede ayudar.
- *La marca de quemaduras* – se caracteriza por un caso extremo de esmaltar en el que las cuchillas generan tanto calor que se queman realmente las fibras en la superficie del material. Esto normalmente se produce porque el suministro no está alimentando continuamente la máquina. Este defecto también puede ocurrir en las maderas duras como el roble y el arce durante la operación normal. Aumentando la razón de alimentación, el ángulo de la relevación que muele las cuchillas, removiendo las cuchillas de corte y afilando las cuchillas puede eliminarse este defecto. Se pueden tomar una o más de estas acciones para eliminar completamente el defecto.
- *Marcas de vibración durante el maquinado* – se caracteriza por las marcas inconsistentes de las cuchillas. Esto se debe usualmente a que los suministros no se sujetan apropiadamente mientras se está alimentando la máquina; sin embargo, también puede deberse al desgaste del rodamiento del eje o a las herramientas de corte no balanceado. Normalmente, el reposicionar la presión del sujetador para que, de esta forma, la cantidad exacta de presión sea consistente a lo largo de la pieza de trabajo, eliminaría este defecto.
- *Borde redondeado durante el maquinado* – se caracteriza por un profundo corte a unas pocas pulgadas desde el final de los suministros en la superficie superior, en la base o en los bordes de la pieza. Un borde redondeado durante el maquinado en el interior del borde del suministro ocurre cuando el lado derecho de la hoja de corte no está posicionada tangencialmente a la guía de corte o cuando la guía no está colocada lo suficientemente cerca de la hoja de corte. Un borde redondeado durante el maquinado fuera del borde del suministro, ocurre cuando el sujetador no está lo suficientemente cerca de la hoja de corte o la cantidad de presión aplicada es inadecuada. La guía protectora también podría estar fuera de posición. Una agachadiza en la parte superior o en la parte frontal del suministro se debe a que la presión se ejerce muy lejos de la cuchilla o a que la cuchilla no está en contacto directo con la superficie del suministro. Una agachadiza en la parte más baja del suministro es el resultado de que la cuchilla no esté ajustada tangencialmente a la mesa de corte o a que la mesa de corte no esté colocada lo suficientemente cerca al círculo de corte de la cuchilla. Todas las guías protectoras y sujetadores deberán ser ajustados dentro de 1/8 de pulgada del círculo de corte.

Una carga de molduras que se haya rechazado puede crear más ansiedad en los trabajadores de madera que cualquier otro asunto relacionado con el rendimiento en la planta. Una carga rechazada puede eliminar un año completo de ganancias en algunas compañías. Para prevenir esta situación, todas las tolerancias y especificaciones deben estar explícitas en la orden de compra y todo el personal del área de moldureras deben seguirlas con exactitud. El número de marcas de cuchillas por pulgada (NMPP) también debe especificarse en cada orden de compra con las que se venden los productos de la moldurera. Estas marcas pueden contarse midiendo una pulgada de las piezas de la moldurera y luego contando el número de marcas que hay en una pulgada. Existe también una fórmula para calcular el número de marcas—que van a crearse guardando cierta proporción en el proceso de alimentación—de las cuchillas por pulgada.

$$\text{NMPP} = \left[\frac{\text{Revoluciones por minuto del Mandril} \times \text{número de cuchillas en la cortadura final}}{12 \times \text{razón de alimentación}} \right]$$

Ejemplo:

$$\frac{16.7 \text{ (NMPP)} \times (6000\text{rpm}) \times 4 \text{ (cuchillas en la cortadura final)}}{(12 \text{ (convertir pies a pulgadas)}) \times 120 \text{ (Razón de Alimentación)}}$$

Defectos de Ocurrencia Natural

Adicionalmente pueden haber defectos en las piezas dejados en los molinos preliminares que requieren que las piezas se orienten de una forma específica cuando son alimentados en la moldurera. Por ejemplo, las piezas que muestran una cara limpia, pueden tener defectos que los molinos preliminares les hayan dejado que son aceptables sólo en una

superficie. Debido al contorno requerido, las piezas tienen que voltearse de una forma particular de manera que se consiga el lado limpio en la superficie correcta. Los fabricantes que manejan un conjunto de maquinarias que trabajan a altas velocidades, al igual que los fabricantes que manejan los suministros (menores de 48 pulgadas), no tienen tiempo para orientar estas piezas apropiadamente a la velocidad de operación normal. En esta etapa de la manufactura, no debe sacrificarse el rendimiento por la producción. Deben hacerse todos los esfuerzos necesarios para tener las piezas orientadas apropiadamente antes de dar inicio a las operaciones de la moldurera o si esto no fuese posible, debe proveerse personal adicional en la moldurera cuando el tiempo de producción sea una preocupación.

Defectos que no han sido Adecuadamente Removidos en los Molinos Preliminares

Los defectos que deberían haberse removido en las sierras de corte transversal las sierras de cadena en los molinos preliminares, pero que no se eliminaron ya que no eran visibles (como por ejemplo defectos internos); no se vieron (ejemplo: el operador no volteó la madera para ver la superficie de abajo) o que no se removieron totalmente debido a cortes defectuosos (ejemplo: corte omitido), pueden provocar una pérdida adicional en las moldureras.

Por estos motivos, la razón de rechazo en las moldureas probablemente nunca pueda ser cero, sin embargo, pueden hacerse unas mejoras. En casi todas las plantas de procesamiento de madera, los materiales constituyen un 45 por ciento o más de los costos operacionales, así que un pequeño mejoramiento en la recuperación en las moldureras puede tener un impacto positivo en los costos totales de la planta.

APÉNDICE:

LA MATEMÁTICA DE LOS MOLINOS PRELIMINARES, Y LOS DEFECTOS²

²Esta sección fue tomada, con revisiones menores, de Pepke and Kroon, 1981.

Matemáticas de Molinos Preliminares

Un pie-tabla = 144 pulgadas cúbicas

Ejemplo: $12'' \times 12'' \times 1''$ o $24'' \times 6'' \times 1''$ o equivalente

MBF = 1,000 pie-tabla

Fórmula para calcular los pies de tablonos =
$$\frac{\text{Longitud (pies)} \times \text{ancho (pulgadas)}}{144}$$

Fórmula para calcular las medidas de superficie (pies cuadrados) =
$$\frac{\text{Longitud (pies)} \times \text{ancho (pulgadas)}}{12}$$

Rendimiento (%) =
$$\frac{\text{Total de los pies de salida}}{\text{Total de pies de entrada}} \times 100$$

Costo Neto de la madera (\$ por MBF de las partes producidas) =
$$\frac{\text{costos de la Madera Seca en \$/MBF}}{\text{Rendimiento (\%)}} \times 100$$

El espesor de la Madera es nominal – grosor actual de la madera casi siempre es de al menos 1/8-pulgadas más grueso que el espesor nominal.

$$4/4 = 1''$$

$$5/4 = 1\frac{1}{4}''$$

$$6/4 = 1\frac{1}{2}''$$

$$8/4 = 2''$$

$$10/4 = 2\frac{1}{2}''$$

$$12/4 = 3''$$

Tipos de Defectos

¿Cuáles de estos son defectos en tu compañía? ¿Cuáles son las limitaciones de tamaño?

Descomposición	Nudos sólidos	Hoyos de insectos
Grietas	Nudos pequeños	Fibras distorsionadas
Biseles	Conjuntos de nudos	áreas engomadas
Quebraduras	Nudos sueltos	Grietas en superficie
Venas	Variación en el color natural	Grietas en los extremos
Torcedura	Manchas minerales	áreas costrosas

Wiedenbeck, Jan; Mitchell, Philip H; Ammerman, Bobby; Saloni, Daniel. 2009.

Guía del Operador del Molino Preliminar – 2009. Rep. Téc. Gen. NRS-41.

Plaza Newtown, Pensilvania: Departamento de Agricultura de los Estados

Unidos de América, Servicio Forestal, Estación del Investigación del Noreste.

55 p.

Los fabricantes de productos de madera requieren de una recuperación eficiente de los productos de la madera para que el negocio se mantenga lucrativo. La habilidad de una compañía para obtener el mayor rendimiento en las operaciones de corte de madera (e.g. Molino preliminar) puede variar de acuerdo a la material prima, productos, equipo de procesamiento, ambiente de procesamiento y conocimiento y destrezas de los trabajadores del molino preliminar. Este libro presenta ciertos principios fundamentales que pueden ayudar a los fabricantes a entender y resolver problemas de producción y rendimiento. Esta publicación esta inspirada por una publicación del 1981 titulada *Guía del Operador del Molino Preliminar* escrita por Edward K. Pepke y Michael J. Kroon. Esta versión contemporánea de la guía de Pepke-Kroon enfatiza la existencia de tecnologías basadas en computadoras y la disponibilidad de nuevos equipos para establecer el orden de corte en los molinos preliminares del mundo actual.

PALABRAS CLAVES: Molino preliminar; rendimiento; eficiencia; entrenamiento; madera dura; rotura; corte transversal; corte longitudinal

El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA por sus siglas en inglés) prohíbe en todos sus programas y actividades la discriminación por raza, color, origen nacional, sexo, religión, edad, incapacidad, convicciones políticas, orientación sexual y estado civil o familiar. (No todas las bases prohibidas para la discriminación se aplican a todos los programas.) Las personas incapacitadas que necesiten medios alternativos de comunicación para obtener información sobre los programas (Braille, letras de gran tamaño, cintas de audio, etc.) deben comunicarse con el Centro TARGET del USDA llamando al teléfono (202) 720-2600 (voz y TDD). Para presentar una queja por discriminación, escriba al USDA, Director, Office of Civil Rights, Room 326-W, Whitten Building, 1400 Independence Avenue, SW, Washington, D.C. 20250-9410 o llame al (202) 720-5964 (voz y TDD). USDA es un proveedor y empleador que ofrece igualdad de oportunidades.



Printed on recycled paper



*Capitalizano la capacidad científica existente
en el Noreste y el Centro oeste de los Estados Unidos
para alcanzar un programa de investigación
más integrado y coherente en todo el territorio*

www.nrs.fs.fed.us