

# OPTIMIZACION DE LOS PROCESOS DE CORTE DE LA MADERA : SISTEMAS AVANZADOS DE CONTROL

Jaime Ortiz Gutiérrez  
INIA, Departamento de Industrias Forestales

## 1. INTRODUCCION

En los últimos años se está observando en la industria de la madera, una tendencia que conduce a que cada vez con mayor frecuencia los clientes imponen criterios más estrictos a la hora de comprar, tanto en calidad de la propia materia prima como en el control exhaustivo de sus dimensiones.

Esto obliga a que las máquinas cada vez sean más versátiles y que las decisiones se tomen después de un análisis multivariante realizado en el menor tiempo posible.

El hombre no tiene buenos rendimientos como máquina por su lentitud, lo cual implica que para poder conjugar la rapidez con otros factores tales como : máximo aprovechamiento, precisión en dimensiones..etc; las máquinas se tengan que controlar por medio de dispositivos complejos que se analizarán a lo largo del presente capítulo.

## 2. DEFINICIONES

Se recogerán una serie de definiciones en el contexto único del tema, sin perjuicio que éstas tengan otros significados.

### OPTIMIZACIÓN DE UN CORTE

Búsqueda de la mejor solución de corte en función de una serie de criterios : rendimiento en materia prima, valor, calidad, productividad..etc.

### OPTIMIZACIÓN DE UNA DIMENSIÓN

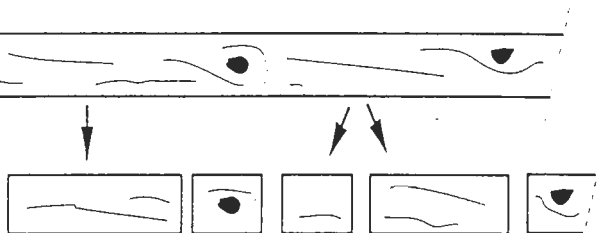


figura 1 : Optimización en longitud: se buscan las mayores longitudes para una anchura determinada (tronzado automático)

Búsqueda de la solución óptima de corte siguiendo una sola dimensión, figura 1.

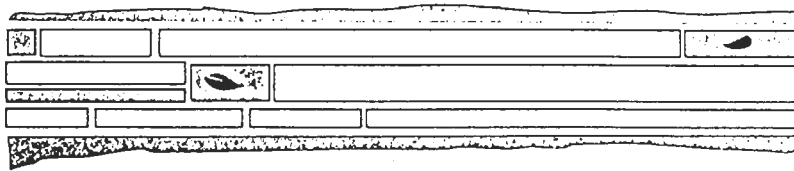


figura 2 : Obtención de piezas libres de defectos de unas dimensiones preestablecidas.

### OPTIMIZACIÓN DE DOS DIMENSIONES

Búsqueda de la solución óptima de corte en dos direcciones: anchura y longitud, figura 2.

### OPTIMIZACIÓN DOS VECES UNA DIMENSIÓN

Búsqueda de la solución óptima de corte de una pieza siguiendo una de sus dimensiones, después

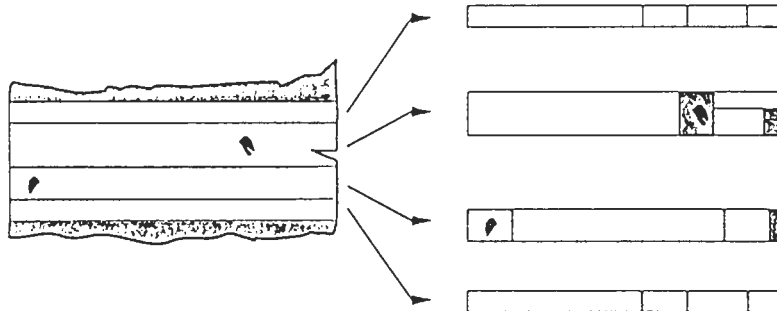


figura 3 : Corte al hilo optimizado, en función de unas anchuras preferenciales, seguido de un tronzado optimizado en función de unas determinadas necesidades.

búsqueda de la solución óptima de corte de la segunda dimensión a partir de los productos obtenidos en la primera operación, figura 3.

**Optimizador** : Ordenador o programa que decide el mejor corte en función de unos criterios preestablecidos suministrados por el industrial (rendimiento, precio..etc) y de las características de la materia prima (dimensiones, calidad..etc) que son suministradas por los captore, ya sean estos mecánicos o humanos.

El optimizador en definitiva comprende :

- un ordenador.
- un sistema lógico de decisión (programa)
- dispositivos de comunicación que reciben información de los captosres y la envían a las distintas máquinas que realizan los cortes.

**Captosres :** Dispositivos que recogen información sobre una pieza de madera y la envían al optimizador.

Existen dos grandes familias de captosres :

- captosres dimensionales que dan información sobre las dimensiones y forma de las piezas que analizan.
- captosres cualitativos que analizan la calidad de la pieza.

Se están utilizando diferentes tipos de captosres entre los que se destacan : cámaras de video, células fotoeléctricas, captosres mecánicos..etc.

En algunos casos, para medir ciertas cualidades tales como nudos en maderas de color rojizo, se tiene que utilizar captosres mixtos elemento humano-captor mecánico. El operario marca el contorno de los defectos con tiza fluorescente que luego es detectada por una cámara de video u otro dispositivo semejante.

### 3 OPTIMIZADORES

Una máquina optimizada es un conjunto que comprende :

- La máquina propiamente dicha.
- Ordenador con sus programas correspondientes.
- Captosres.

Este conjunto debe ser concebido de una manera coherente para dar satisfacción en función de las necesidades de cada utilizador.

### 4 PRINCIPIOS GENERALES DE UNA MAQUINA OPTIMIZADA

Una máquina optimizada se puede comparar con un hombre estableciendo las siguientes equivalencias :

HOMBRE	MAQUINA
SENTIDOS	CAPTORES
CEREBRO	OPTIMIZADOR
MIEMBROS	MAQUINA

Este paralelismo hace prever que los resultados no dependen solamente de la potencia de las máquinas, sino también de la potencia de los optimizadores y de la fiabilidad de los captosres.

Un programa de ordenador sofisticado no puede nunca compensar un sistema de captosres que envía medidas imprecisas.

### 5 NORMAS PARA LA OPTIMIZACION

- Elegir de una forma clara los criterios de optimización : rendimiento, calidad ..etc.
- Conocer la materia prima a optimizar : la información debe ser completa: dimensiones, formas, defectos, calidad..etc.

- Definir los productos a obtener : en dimensión, en cantidad y en calidad.

- Conocer el proceso de producción con el fin de no proponer soluciones irrealizables.

### 5.1. CRITERIOS DE OPTIMIZACIÓN

Los criterios de optimización, dependen de los objetivos de la empresa. Una serrería puede tener como objetivo aumentar el rendimiento en materia prima, disminuyendo los desperdicios, sin que la calidad de cada tipo de pieza sea un imperativo.

Por el contrario, un taller de fabricación de muebles, tendrá como objetivo fundamental obtener cantidades exactas de piezas de dimensiones exactas, aunque esto se consiga a costa del rendimiento.

En general los criterios de optimización son siempre los mismos aunque están jerarquizados de manera diferente según las aplicaciones.

Los principales criterios para la optimización son los siguientes :

- rendimiento de la materia prima.
- cantidades a producir.
- calidad
- características de los productos.

### 5.2. TOMA DE INFORMACIÓN

Para que el optimizador pueda trabajar, necesita conocer las características de la materia prima a utilizar, y en particular las características a partir de las cuales se toman las decisiones.

En general las características que se necesitan conocer se pueden resumir en : dimensiones, deformaciones, situación de los defectos a eliminar.

Estas informaciones pueden proporcionarse directamente por los captosres, indicadas manualmente por el operario, o mediante sistemas mixtos ( marcado con tizas fluorescentes..etc)

Los optimizadores, al revés que el hombre, carece de iniciativa. Si le falta información no puede trabajar correctamente.

### 5.3. DEFINICIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS PRODUCTOS A FABRICAR.

Para obtener buenos resultados con un sistema optimizado, es necesario disponer de programas de producción equilibrados. Se optimiza correctamente cuando se sabe elegir bien, ya que el optimizador no puede crear productos nuevos.

Por ejemplo, si un programa de producción no intenta más que obtener piezas de anchuras superiores a 500 mm, todas las anchuras inferiores serán consideradas como desechos. En esta situación un operador manual obtendría mejores aprovechamientos que un optimizador.

Los optimizadores actúan con mucho rigor en la consecución de los fines para los que han sido programados, aunque es necesario medir las contrapartidas para que esto no se transforme en un handicap.

#### 5.4. PROCESOS DE FABRICACIÓN.

Un optimizador puede programarse sin dificultad para producir un gran número de productos.

Sin embargo se debe limitar la posibilidad de producir un gran número de productos, ya que la diversificación introduce problemas en la retirada, estocaje...etc de los mismos.

Además se tiene que tener en cuenta en la programación de los optimizadores, la capacidad mecánica de las máquinas. Es inútil programar las décimas de milímetro si no se pueden realizar en las máquinas.

6

#### DIFERENTES TIPOS DE OPTIMIZADORES.

El desarrollo de la informática está provocando la aparición de un sinfín de optimizadores, aunque se prevé que en los próximos años este desarrollo aumente considerablemente.

Las principales familias de optimizadores que se han desarrollado hasta la fecha y que se aplican en el despiece de la madera son :

- optimizadores de una dimensión (1D)
- optimizadores de 2 dimensiones (2D)
- optimizadores de una sola cualidad.
- optimizadores de varias cualidades.

6.1.

#### OPTIMIZADORES DE UNA DIMENSIÓN 1D.

Buscan una solución única de corte siguiendo una de sus dimensiones. En el caso de sierras retestadoras optimizadas que se encuentran en muchas serrerías de castaño, los criterios en los que se basan estos optimizadores son :

- Longitud del producto de entrada.
- Defectos a eliminar (indicados por el operario)
- Longitud que se quiere producir para cada calidad.
- Cantidades a producir de cada producto.
- Valor de los productos
- Rendimientos en materia prima.

6.2.

#### OPTIMIZADORES DE DOS DIMENSIONES (2D)

Busca la mejor solución de corte en un plano, considerando las dos dimensiones de la pieza de entrada: longitud y anchura.

Este tipo de optimizador es mucho más complejo que el anterior, el número de posibilidades a tener en cuenta es muy elevado, y si se quiere rapidez en buscar la solución óptima se necesitan ordenadores de gran potencia.

Actualmente los optimizadores de dos dimensiones se están desarrollando con una clara y futura aplicación en la industria de la segunda transformación de la madera, con el objeto de mejorar el rendimiento de la materia prima.

6.3.

#### OPTIMIZADORES MONOCALIDAD.

Son capaces de elegir entre un despiece de pequeñas dimensiones y calidad elevada, y un despiece con dimensiones más grandes y una calidad más baja, aunque aceptable. Todos los

optimizadores que actualmente están funcionando en la industria de la madera son del tipo monocualidad.

6.4.

#### OPTIMIZADORES MULTICALIDAD.

Actualmente no existen funcionando ninguno en los talleres de despiece de la madera. Se puede pensar que en un futuro próximo los equipos puedan evolucionar hacia estos optimizadores.

Las limitaciones que tienen los captores, son las que motivan el no desarrollo de estos optimizadores. Si un optimizador es capaz de elegir un plano de corte según tres calidades, significa que para trabajar deberá tener información sobre el tamaño, posición de los defectos y naturaleza de los mismos. El sistema deberá saber que el defecto es excluido en el caso de la calidad superior, pero aceptado en las otras calidades.

7

#### CAPTORES

En este apartado se dará una información general sobre los distintos tipos de captores insistiendo en las potencialidades ofrecidas por las nuevas tecnologías.

En función de su destino se puede dividir a los captores en dos familias :

- captores de medida dimensional, cuya función es determinar las dimensiones de las piezas, y en algunas ocasiones ciertas características sobre deformaciones de la misma.
- captores cualitativos que dan informaciones sobre la calidad de la madera ( presencia de singularidades, color, pendiente de la fibra)

La tecnología utilizada por una y otra familia puede ser muy distinta, y se intentarán describir aquellos captores que no necesitan contacto con la madera. Estos se han desarrollado mucho en los últimos años ya que permiten medidas más rápidas y más precisas que los captores mecánicos por contacto.

7.1.

#### METODOLOGÍA PARA ELEGIR LOS CAPTORES

A partir de la tecnología utilizada los captores pueden ser: de capacidad, ópticos, ultrasonidos..etc.

A partir del tipo de señal que envían al sistema, los captores pueden ser : de todo o nada, impulsos, numéricos, analógicos.

A partir de la forma de realizar la medida, los captores pueden ser : medida por desplazamiento (captor o palpador mecánico o rotativo), medida por reconocimiento de una posición (captor de posición sin contacto con el producto), medida directa de la posición deseada (cámara matricial o lineal)

La elección de un determinado captor tiene consecuencias en el diseño del envolvente mecánico del captor. Por estas razones será necesario estudiar con detenimiento las siguientes características.

#### LA PLACA DE MEDIDA

Está condicionada por las variaciones de las dimensiones que se quieren medir.

## LA PRECISIÓN

En el corte o despiece de la madera las precisiones requeridas por los industriales, son inferiores al milímetro. La precisión de medida debe ser 0.1 mm, la cual la mayoría de los captorees la proporcionan con la suficiente holgura.

## LA FRECUENCIA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

Queda condicionada por las características de los captorees. En general los captorees trabajan con frecuencias de 25 Hz, es decir, que son capaces de suministrar 25 medidas o datos por segundo. Si esto no es suficiente para obtener los datos necesarios, se pueden utilizar captorees más sofisticados que trabajan con frecuencias del orden de KHz.

## LOS FENÓMENOS PARÁSITOS

Se trata de condiciones relativas al entorno, que pueden perturbar las medidas realizadas por los captorees. Entre otras se pueden citar : variaciones térmicas, corrientes de aire, campos magnéticos, suciedad ..etc.

## SOLICITACIONES MECÁNICAS

Este aspecto es importante cuando se utilizan captorees de contacto, en los cuales y con el uso se puede producir un desgaste que con el tiempo pierda precisión en las medidas.

### 7.2.

#### CAPTOREES DE MEDIDAS DIMENSIONALES

Para desdoblar o tronzar una pieza de madera es esencial la determinación de medidas de anchura y longitud.

El espesor se mide a veces como forma de control.

En la mayoría de los casos la medida de la longitud se obtiene por el desplazamiento de la pieza. Por ejemplo una pieza que avanza sobre una cinta transportadora que tiene incorporada una célula fotoeléctrica. La pieza oculta durante un cierto tiempo la célula fotoeléctrica con lo cual conociendo la velocidad de la banda transportadora, la cual se considera un código de medida, se puede calcular la longitud de la pieza, figura 4.

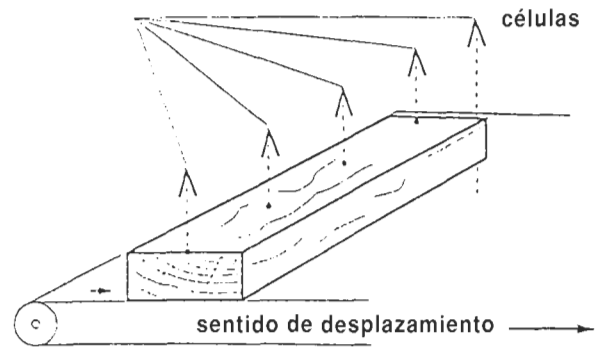


figura 5

Una solución que se utiliza mucho en los aserraderos para clasificar las piezas por sus dimensiones es la telemetría (medida de la distancia) Esto se hace sobre las cadenas de transporte, como se indica en la figura 6.

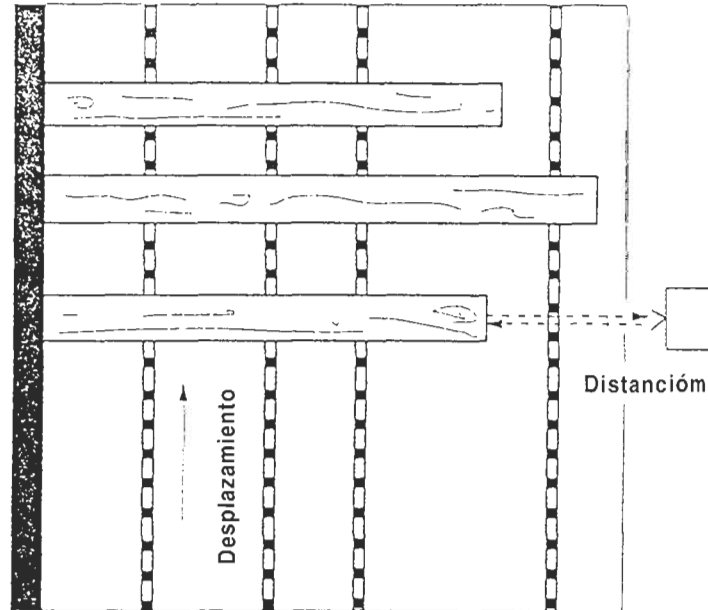


figura 6

Para las medidas de las anchuras y espesores, las soluciones que se proponen son las mismas, ya que las medidas son del mismo orden de magnitud.

En otros casos se puede utilizar el sistema de análisis de imágenes para medir las dos dimensiones a la vez. La imagen se tomará por una cámara de video y para facilitar esto se recomienda iluminar las piezas con luz adecuada.

Para facilitar la medida de las piezas sin aumentar el número de cámaras, se recurre al desplazamiento longitudinal de la pieza, figura 7.

En otros casos las medidas de la longitud pueden realizarse por desplazamiento lateral. Una pieza que pasa por debajo de un conjunto de células alineadas, figura 5.

figura 4

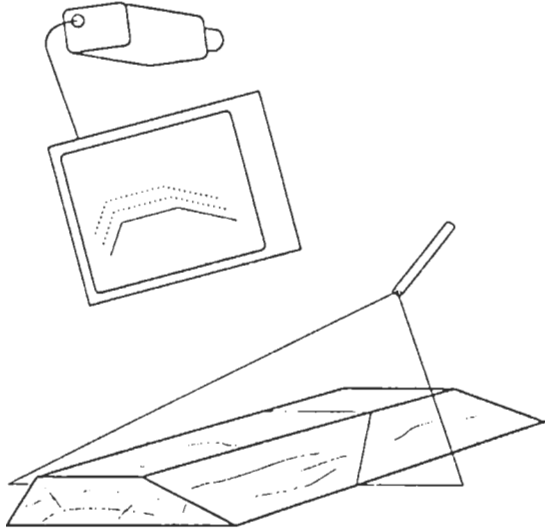


figura 7:

### 7.3. CAPTORES CUALITATIVOS

El análisis cualitativo, es decir determinados defectos de la madera, en general tienen una solución más complicada que la medida de las dimensiones.

Los captores cualitativos actuales se basan en: visión artificial, ultrasonidos, microondas y rayos X.

El principio de funcionamiento de todos estos captores es el mismo: Se emite una radiación contra la madera y posteriormente se recupera parte de ella en el receptor. La variación entre la señal emitida y la recibida, correlacionadas con las características de la madera y sus singularidades, son las que determinan el funcionamiento de los captores cualitativos.

#### 7.3.1. VISIÓN ARTIFICIAL

Es la tecnología que está más avanzada en el campo de la industria de la madera. Hay actualmente en funcionamiento varias realizaciones, aunque la mayoría de ellas aplicadas a las coníferas.

Esquemáticamente el sistema de visión artificial se compone de los siguientes elementos:

- una parte óptica.
- una parte electrónica.
- una parte informática.

El principio se basa en tomar una imagen de video de una pieza y luego analizarla en un ordenador con un programa específico.

En este contexto, el éxito de la operación pasa por obtener una buena imagen para poderla analizar posteriormente, y para ello será necesario la utilización de iluminaciones apropiadas, filtros y otros dispositivos ópticos.

Existen dos tipos de cámaras de video: matriciales y lineales; las primeras proporcionan una imagen semejante al formato de TV, mientras que las lineales registran una serie de líneas cuya yuxtaposición proporciona la imagen completa del objeto.

Actualmente son las segundas las que proporcionan mejores resultados en la industria de la madera y dan mayores precisiones en la evaluación de ciertos defectos tales como fendas, nudos o incluso el control dimensional de las piezas.

Cuando una imagen queda registrada, son del orden de 260.000 informaciones a tratar. En un proceso industrial donde la velocidad de trabajo puede llegar a ser de una pieza por minuto, se necesitaría una capacidad informática totalmente irreal desde el punto de vista económico.

Por esta razón, la tendencia actual es reducir considerablemente el número de puntos a analizar, quedándose solamente con aquellos verdaderamente significativos.

Los factores a tener en cuenta para establecer las especificaciones del conjunto imagen-sistema informático son:

- Dimensiones máximas de las piezas a analizar.
- Cadencia de las piezas a analizar (nº de piezas por unidad de tiempo)
- Naturaleza de los defectos a detectar.
- Tamaño del defecto más pequeño que se quiere detectar.

La respuesta a estas cuatro cuestiones permite tener una idea de la fiabilidad del sistema.

Actualmente este sistema permite detectar los siguientes defectos : nudos, fendas , bolsas de resina, zonas anormalmente coloreadas. En algunas especies en las que apenas hay variación entre el color del defecto y el color de la madera sana, tales como el castaño, este sistema necesita de un marcado previo con tiza fluorescente de los defectos.

### 7.3.2.

#### ULTRASONIDOS

Los ultrasonidos son ondas acústicas de frecuencia superior a 20.000 Hz. Esta técnica se utiliza para la caracterización mecánica de la madera, y para la detección de nudos, pudriciones y bolsas de resina. Las fendas, la fibra ondulada y el color no se puede detectar con esta técnica.

Para utilizar esta técnica se necesita que haya un contacto entre el emisor y la madera, o bien que la onda se propague en un medio específico :aceite o agua, lo que dificulta su utilización con madera seca.

### 7.3.3.

#### MICROONDAS

Las microondas son ondas electromagnéticas cuyas frecuencias están comprendidas entre 300 MHz y 300 GHz, lo que corresponde a longitudes de onda comprendidas entre 1 mm y 1 m. De hecho la longitud de onda que se utiliza en la madera maciza es de 32 mm.

Esta técnica se adapta bastante bien para medir determinadas características de la madera, por ejemplo : humedad, densidad y desviación de la fibra.

Los aspectos delicados para la utilización de esta técnica son :

- El límite de detección es igual a un cuarto de la longitud de onda, con lo cual los defectos inferiores a 8 mm no se pueden detectar.
- La diferenciación de los defectos.
- La dificultad de analizar la densidad en caso de variaciones de humedad.

Para paliar estos inconvenientes, este sistema se utiliza en combinación con otros tipos de captadores por ejemplo visión artificial.

### 7.3.4.

#### RAYOS X

Las radiaciones X están comprendidas entre 300 eV y 300 KeV. Parte de esta energía de los rayos X, es absorbida por la materia dando un espectro diferente en función de la densidad. Basado en este aspecto, se puede utilizar esta técnica para detectar singularidades tales como nudos..etc.

Diferentes tipos de dispositivos de radiografía pueden utilizarse para realizar el control no destructivo de la madera :

- La radiografía clásica.
- La fluoroscopia, conversión de imágenes X, por imágenes visibles.
- La tomografía, mediante la cual se pueden evaluar los defectos internos de madera en rollo.

Actualmente esta técnica no está siendo muy explotada en la industria de la madera por ser muy costosa y estar aún en una fase de experimentación.