

MADERA ASERRADA ii: DEFECTOS Y ALTERACIONES

Santiago Vignote Peña, Isaac Martínez Rojas 2017

RESUMEN

Se analizan los defectos característicos de la madera aserrada, tanto los debidos a los defectos inherentes a la madera en rollo de donde proceden, como los defectos producidos durante su obtención, tanto en la fase de aserrado como en la de secado. Por último se describen la patología de la madera aserrada, tanto por alteraciones bióticas como por las bióticas, definiendo las clases de riesgo a que está sujeta la madera, como las clases de servicios que define el Código Técnico de la Edificación.

PALABRAS CLAVE:

Madera aserrada, defectos, patología.

INTRODUCCIÓN

Los defectos de la madera aserrada son aquellos que modifican de alguna forma las características físicas, mecánicas o de trabajabilidad inherentes a una determinada especie de madera.

Se pueden clasificar en defectos inherentes a los de la madera en rollo que se ha procesado, en defectos debidos a deficiencias en los procesos de transformación y a defectos producidos por patologías.

1.- DEFECTOS INHERENTES A LA MADERA EN ROLLO

- *Los nudos*

Los nudos son las ramas del árbol, no es en sí un defecto pero modifican las características de la madera, tanto en su aspecto, en su resistencia como en su trabajabilidad, de forma que en la mayoría de las especies es el defecto que más influye en el valor de la madera.

Los problemas que originan los nudos se pueden clasificar de la siguiente forma:

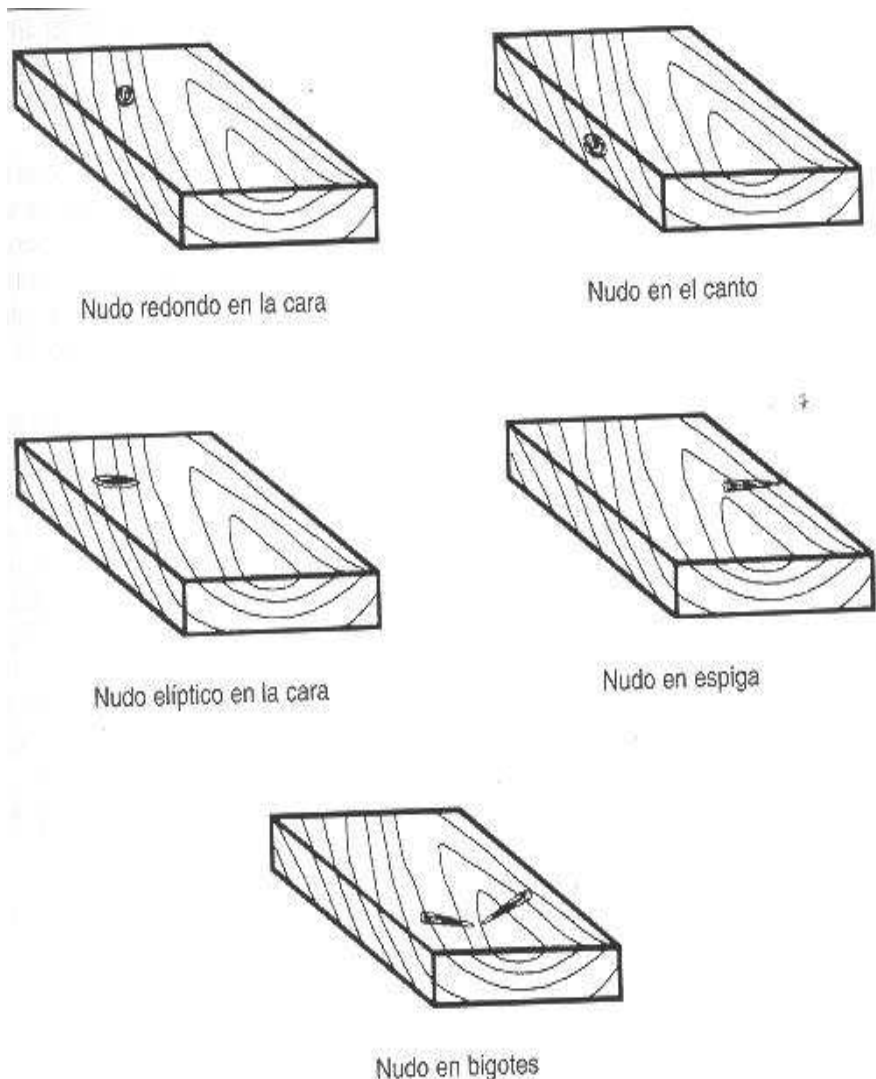
- *Inconvenientes de orden físico:* Los nudos provocan dos tipos de efectos físicos en la madera:
 - Son causa de deformaciones en las piezas, causada por la menor resistencia en las secciones donde aparece.
 - Dificultan en gran medida la trabajabilidad de la madera, causando los siguientes inconvenientes:
 - En las operaciones de corte: La disposición de la fibra en la madera, pasa de ser fundamentalmente en el sentido del eje del árbol, en el caso del fuste, a perpendicular al eje del árbol en la rama. Esta discontinuidad se acusa de forma importante durante el proceso de corte de la madera, dado que la dureza en el sentido perpendicular a la fibra es mucho mayor que en los sentidos transversales. Mayor dureza supone un mayor esfuerzo en elaborar la rama, que se traduce en pérdida de productividad, mayor desgaste de la herramienta, en una peor calidad de elaboración, pues muchos cortes se convierten en

encuentran perfectamente unidos, y por tanto trabajan de una forma conjunta ante esfuerzos que puedan surgir, denominándose por esta razón, nudo adherente

- *Nudo saltadizo*: Es el nudo que se origina cuando la rama, de forma natural, artificial o accidental, se rompe, no por su base, sino dejando un muñón. También se produce cuando la rama permanece muerta por períodos de tiempo muy prolongados. En ambos casos, el árbol sigue creciendo en grosor, englobando poco a poco el muñón de la rama, o la rama, pero sin que exista adherencia entre ambos.
- *Nudo vicioso o podrido*: Suele tener su origen en una rama que, en plena actividad fisiológica, se rompe, bien accidentalmente o bien por efecto de una poda. En este caso, la herida producida queda expuesta a la posible deposición de esporas, que encuentran un medio idóneo para su desarrollo.
 - Por el tamaño de los nudos: Los nudos en la madera aserrada se clasifican por tamaño en: Nudo en ojo de perdiz (<5mm); Nudo pequeño (entre 5mm y 15mm); Nudo mediano (entre 15mm y 25 mm); Nudo grande (entre 25mm y 40mm); Nudo muy grande (>40mm).

Esquema 1: Nudos según forma y posición que ocupen en la pieza de madera aserrada. Vignote (1995)

- Por la forma de los nudos: Según si el corte es radial, tangencial o intermedio, los nudos toman la forma en espiga; redondo u oval (esquema 1)
- Por el agrupamiento de los nudos estos pueden ser aislados o agrupados
- Por la posición que ocupen en la tabla: Nudo de cara; nudo de canto, nudo de arista o nudo de testa (esquema 1)



- **Médula, inserción de hojas juveniles**, Al igual que en el caso anterior, la médula o las hojas juveniles son

elementos inherentes al árbol, cuyo principal efecto es denotar que la pieza que lo contenga tenga madera juvenil, y con ello que tenga riesgo de deformaciones y menor resistencia mecánica.

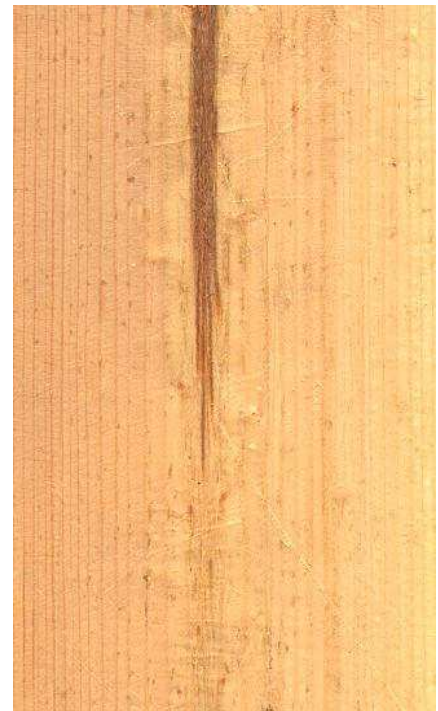
- **Madera de corazón**



El defecto más importante de la madera aserrada relativo al duramen es cuando en una misma pieza se presenta la albura y el duramen. En este caso el contraste suele presentar efectos estéticos desfavorables. En la foto 3 se aprecia el contraste de una madera con albura y duramen.

Foto 3: Pieza con albura y duramen y bolsa de resina

Foto 2: Aspecto de la médula e inserción de hojas juveniles



- **Entrecasco**

Este defecto presenta como característica la inclusión de corteza en el interior de una tabla de madera aserrada.

- **Madera de compresión**

Es madera correspondiente a árboles que han crecido de forma inclinada. Se caracteriza por tener la madera tardía más ancha que la madera temprana.

El principal problema que origina la madera de compresión suele ser su tendencia a curvarse o a deformarse. Si una tabla presenta este defecto sin estar curvada o deforme, cualquier trabajo que se realice en ella, puede dar origen a que se deforme.

Foto 4: Madera de compresión

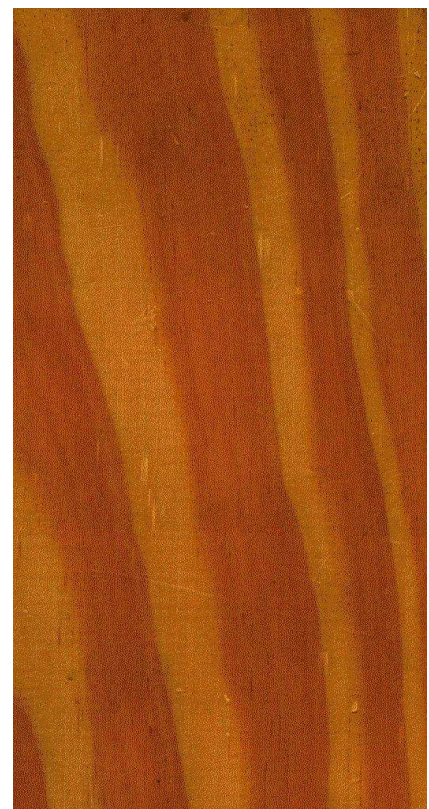


Foto 5: Madera enteada

- ***Madera enteada o con bolsas de resina o taninos***

En la foto 3 se aprecia, junto con el contraste de albura y duramen, el defecto de bolsa de resina. El efecto de la bolsa de resina es como si la madera tuviese un hueco, y por tanto supone una pérdida de sección que resta resistencia a la madera. También las bolsas de resina suponen un problema tecnológico al embotar con la resina las distintas herramientas que puedan utilizarse en su elaboración (sierras, cuchillas, lijás,..) además dificulta el encolado y barnizado al interponerse entre la madera y el pegamento o barniz que se esté aplicando. Por último, también suponen un defecto estético importante.

Las bolsas de resina se clasifican por su tamaño en:

- Pequeña (<15mm);
- Mediana (entre 15mm y 25 mm);
- Grande (entre 25mm y 40mm);
- Muy grande (>40mm)

Respecto de la madera enteada, en la foto 5 puede apreciarse una tabla parcialmente enteada.

El efecto de la madera enteada es fundamentalmente tecnológico en parecido aspecto al de las bolsas de resina.

En el aspecto resistente y estético, los efectos son positivos, primero porque la madera enteada tiene un brillo apreciable y segundo porque la madera enteada suele ser poco o nada higroscópica y muy resistente a los ataques de insectos y hongos, circunstancia que la hace ser muy valorada en carpintería. El único problema resistente que tiene esta madera es el de su elevada densidad.

- ***Fendas***

Son roturas locales de la madera, producidas según planos de corte que incluyen la dirección radial y la del eje del árbol, causadas por esfuerzos superiores a los valores de resistencia de esa madera.

Foto 6: Fendas de heladura



Foto 7: Fenda debida a tensiones de crecimiento

Hay muchas causas que puedan originar este defecto, como puede ser heladuras del árbol, cuando estaba vivo, tensiones de crecimiento que se manifiestan en el momento de la corta del árbol o del despiece de aserrado, o como suele ser lo más frecuente, con el secado de la tabla. Pero el efecto es muy similar, que provoca una pérdida de resistencia de la madera, además de una pérdida de valor estético.

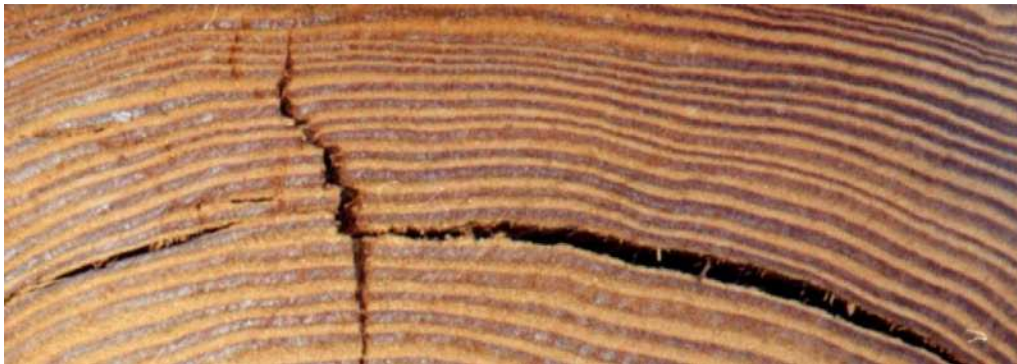


- ***Acebolladura***

Son roturas locales de la madera, producidas entre anillos de crecimiento y a lo largo del eje del árbol, causadas por la coincidencia de esfuerzos que inciden sobre una madera que ha crecido de forma irregular (sequía; defoliación...).

El efecto de la acebolladura es similar al causado por las fendas, aunque el poner de patente el crecimiento irregular del árbol, hace que este defecto sea peor valorado que el de las fendas

Foto 8: Acebolladura



Muchos otros pueden ser los defectos causados por los defectos inherentes a la madera en rollo, como pueden ser los debidos a patologías de la madera en rollo, o los de deformaciones causadas por las tensiones de crecimiento o madera de reacción, o a las desviaciones de la fibra, pero estos defectos suelen deber su causa de forma más frecuente al procesado de la madera, por lo que se exponen a continuación.

2.- DEFECTOS DE PROCESADO

- *Gemas*

Es un defecto característico del aserrado, por el que la pieza de madera aserrada presenta en alguna de sus aristas rastros de corteza, dejando ver claramente la sección circular del fuste. Es un defecto estético y resistente, al no existir parte de madera en la sección que lo contiene.

La medida de la gema, de acuerdo con la norma UNE 56522-72, se realiza midiendo, en cada una de las caras en donde aparece, la diferencia máxima entre la anchura que nominalmente debería tener la pieza y la que efectivamente tiene, hasta el inicio de la gema (esquema 2). El valor obtenido se puede expresar en valores absolutos, o relativos, en términos de porcentajes.

Esquema 2: Medida de la gema. Vignote (2.006)

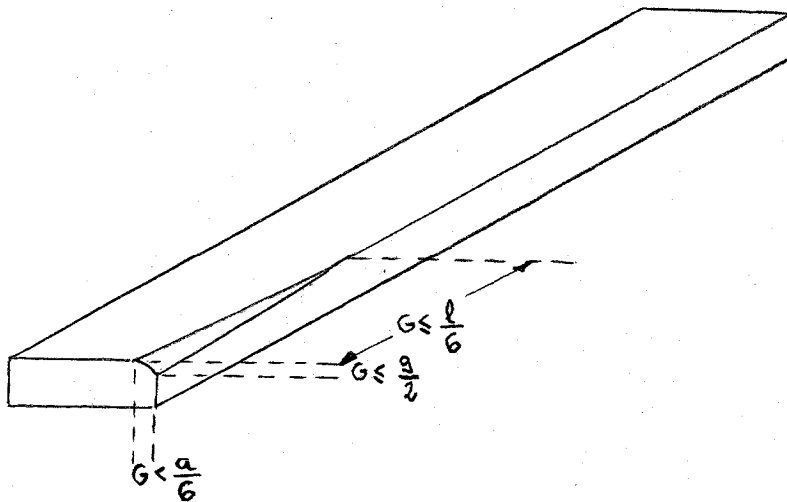


Foto 9: Aspecto de la gema



Así, en el esquema 2, la medida de la gema es la siguiente:

En la cara: Absoluto $a-a_1$ Relativo $(a-a_1)/a$
En el canto: Absoluto $b-b_1$ Relativo $(b-b_1)/b$

Es todavía más frecuente medir la gema como una relación de la longitud que ocupa en la longitud de la pieza.

- *Desviación de la fibra*

Es el ángulo que forma la fibra de la madera con la dirección de las aristas de las piezas obtenidas. Es un defecto poco aparente, pero tiene una importancia resistente muy elevada como consecuencia de que la madera apenas resiste transversalmente a la fibra.

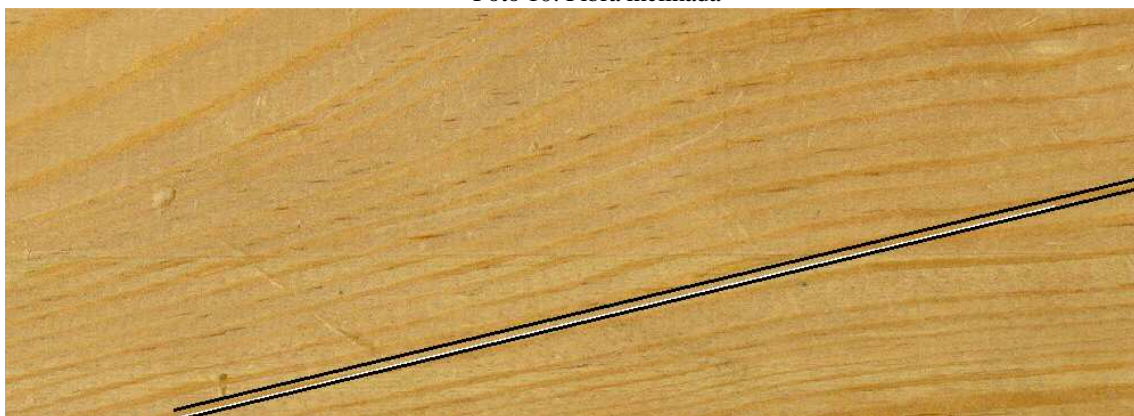
La medida de la desviación de la fibra se realiza de acuerdo con la norma UNE 56523-72, expresando la tangente del ángulo de separación (foto 10)

Según la norma indicada anteriormente, el valor de la desviación se clasifica de la siguiente forma (tabla 1):

Tabla 1: Clasificación de las tablas por la inclinación de las fibras

Clasificación \ Valor de la tgente de la desviación	Sección radial	Sección tangencial
Poco inclinadas	<1/16	<1/10
Inclinadas	De 1/16 a 1/8	De 1/10 a 1/8
Muy inclinadas	>1/8	>1/8

Foto 10: Fibra inclinada



- **Defectos de espesor y medida**

Los defectos de espesor y medida, se refieren a la falta de planitud de las caras o cantos de la madera, falta de paralelismo entre las caras y cantos o simplemente a un defecto en el espesor de las piezas aserradas.

Los defectos de planitud pueden presentarse como consecuencia del pandeo de la cinta de sierra durante el aserrado, o por el movimiento de la troza durante el despiece.

- El primer caso, quizás el más frecuente, suele ser debido a un defecto de tensión de la cinta de sierra, o a una mala disposición de las guías o también a un defecto de afilado de las sierras, que obligan a un mayor esfuerzo de la herramienta de corte, y por tanto a su pandeo. La velocidad inadecuada del carro o del dispositivo de empuje, también puede originar estos defectos.
- El segundo caso, un tanto más excepcional, es debido a un defecto en el asir de la troza, que es movida por el empuje al que lo somete la cinta de sierra.

Los defectos de espesor y medida son simultáneamente, más normales de encontrar en el comercio, pero más difíciles producir en la industria del aserrado, salvo en el caso de que la madera tenga el defecto de tensiones de crecimiento elevadas, que como ya se ha indicado el defecto de espesor es característico.

Actualmente en la madera aserrada se consideran dos dimensiones, la dimensión nominal y la dimensión real, esta última unos milímetros por debajo de la anterior. La causa de este desajuste de medidas se debe a la merma de madera durante el proceso de secado, aunque seguramente no sólo es debido a esto.

En el aserrado, cada día es más fácil obtener las medidas programadas, pues está extendido la programación automática de la posición de la máquina para cada una de las medidas de las piezas, incluso se está incorporando automatismos que paran automáticamente la máquina cuando se produce una leve desviación de la sierra. No obstante, dada la variabilidad de las características de la madera, incluso dentro de la misma especie, es posible que una merma excesiva en algunas piezas pueda conducir a un defecto de medida.

- ***Defectos de superficie por mecanización***

El mecanizado de la madera, con sierras, cuchillas o lijas provoca defectos en mayor o menor medida en la superficie de la madera.

La primera máquina en procesar la madera es la sierra de banda o circular, esta máquina produce un corte basto en la superficie que se traduce en los siguientes defectos:

- ***Marcas de dientes:***

En la foto 11, se puede apreciar como cada 3 o 4 mm, correspondiente a la mordida de la sierra de banda se produce una marca de diente, pero además, cada 10 cm se produce una marca más pronunciada consecuencia de que la sierra tenía un diente desajustado de los demás.

Foto 11: Marcas de dientes producidos por una sierra de banda (escala 1:2)



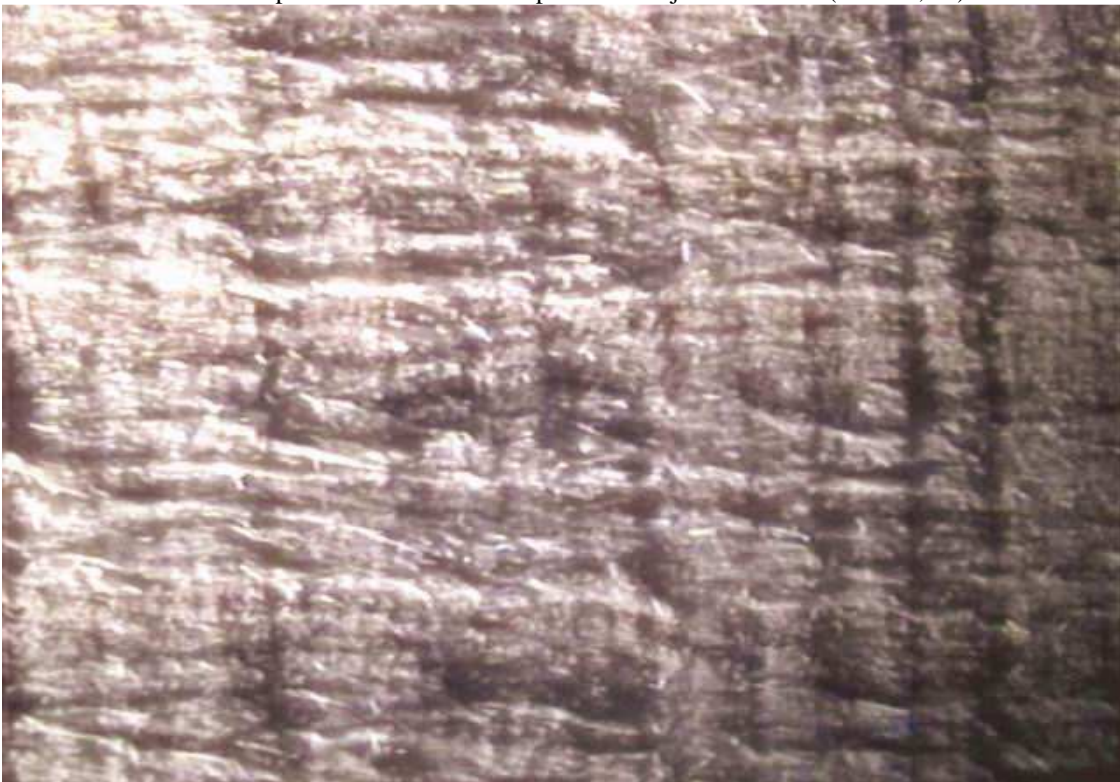
Naturalmente que si la mordida se diseña más pequeña, y si no existen dientes mal ajustados, la calidad de superficie mejora, tal como se aprecia en la imagen 12, en donde los defectos anteriormente señalados se hacen menos patentes.

Foto n°12: Marcas de dientes producidos en una sierra de banda de mesa (escala 1:1)



Aún así, si se analiza esta superficie mediante una lupa de 6,4 aumentos, con luz lateral para realzar los defectos superficiales, el aspecto es el indicado en la foto 13.

Foto 13: Aspecto aumentado de la superficie trabajada con sierra (escala 6,4:1)



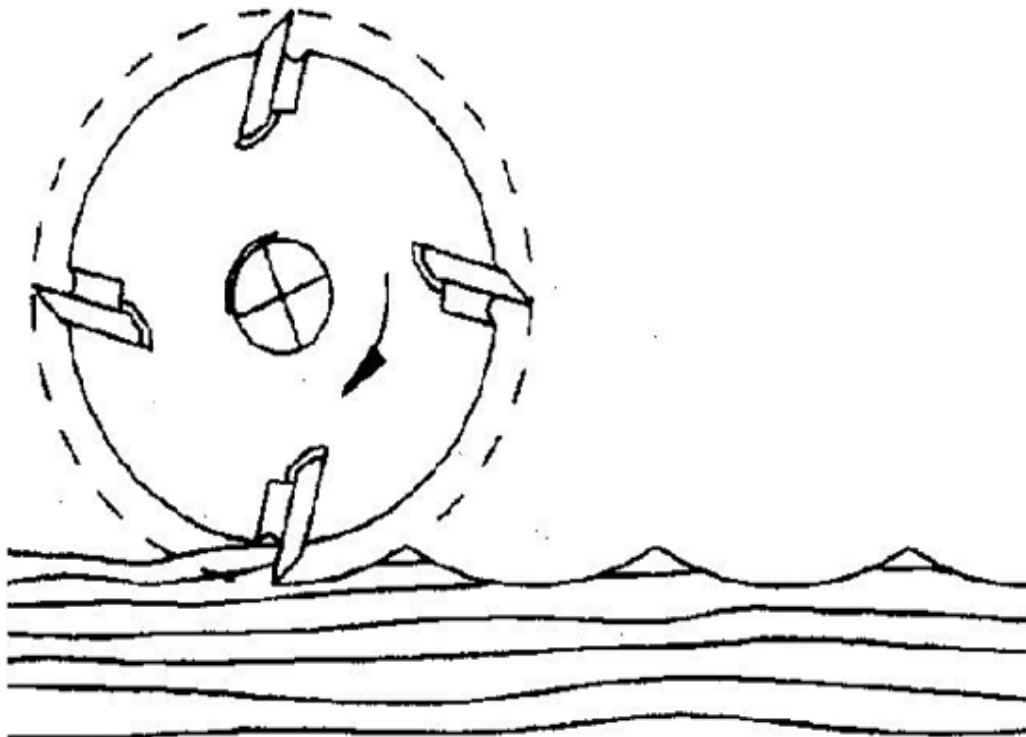
- *Marcas de cuchillas*
Estas irregularidades de superficie de la madera generada por las sierras, son inaceptables para la mayoría de los usos de la madera por lo que, después del secado, las superficies se suelen ajustar mediante el corte con cuchillas, buscando, por una parte, enderezar la superficie y por otra mejorar la calidad de dicha superficie.

Foto 14: Marcas de cuchillas provocadas por una cepilladora (escala 1,5:1)



En la imagen se observa una mejor calidad de superficie, pero sigue apreciándose que regularmente cada cm se repite, a modo de ondas, el defecto del paso de la cuchilla sobre la superficie, que es mayor cuanto mayor es la velocidad de procesado y mayor es la profundidad de corte. A medida que aumenta la velocidad de avance de la madera, aumenta el paso de la ondulación y la apariencia del defecto. De la misma forma, aumentando la profundidad del corte, aumenta la irregularidad de la superficie y pierde calidad el trabajo.

Esquema 3: Corte de la cuchilla. Vignote (2006)



ortante que determinará la calidad de la superficie es la profundidad de corte, que determina la profundidad de la onda la cual es la entrada del filo de la cuchilla en la madera (Esquema 3). Cuanto menor sea la entrada de la cuchilla en la madera mejor será la superficie de la pieza trabajada. Las ondas con profundidades y largos pequeñas son deseables, estas se encuentran asociadas a una menor rugosidad superficial, no obstante se requiere mayor energía.

Para generar una buena calidad superficial, la profundidad de la onda ideal que se ha obtenido de variados estudios es de 0,005 mm.

En la foto 15 se analiza mediante lupa de 6,4 aumentos, la superficie generada por el corte de cuchilla en una conífera. En dicha foto se puede apreciar como la regularidad de la superficie ha mejorado con respecto a la que producía la sierra de banda, pero sigue siendo una superficie que ocasionaría un aspecto y una calidad de comportamiento poco aceptable para usos de carpintería y mueble de la madera. En esta foto también se pone de patente la influencia de la calidad de filo de las cuchillas y como su irregularidad se transmite a la madera.

En la foto 16 se analiza mediante lupa de 6,4 aumentos la superficie generada por el corte de cuchilla en una frondosa. Puede verse la influencia que tiene los vasos en la calidad de superficie.

Foto 15: Aspecto aumentado de la superficie de pino silvestre trabajada con cuchilla (escala 6,4:1)

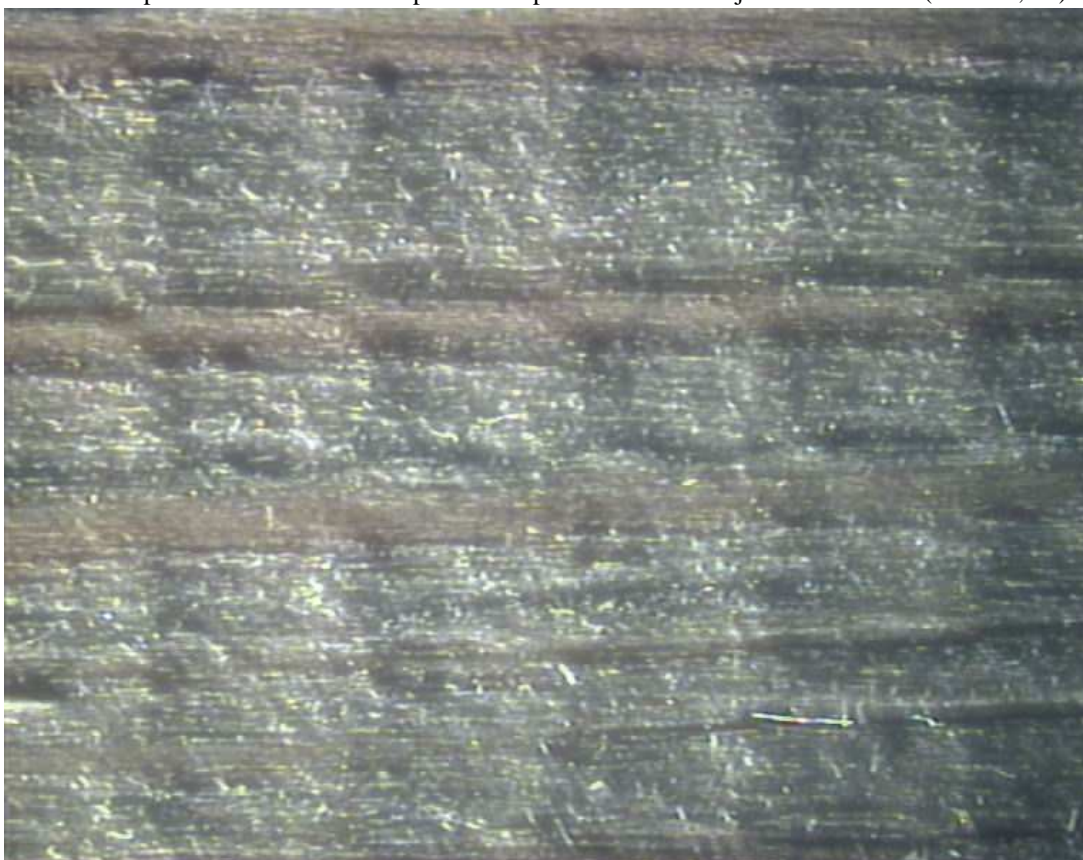
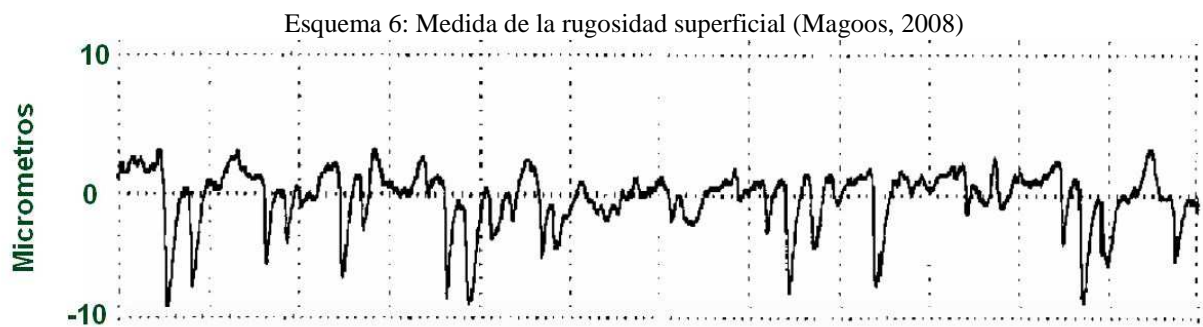


Foto 16: Aspecto aumentado de la superficie de fresno trabajada con cuchilla (escala 6,4:1)



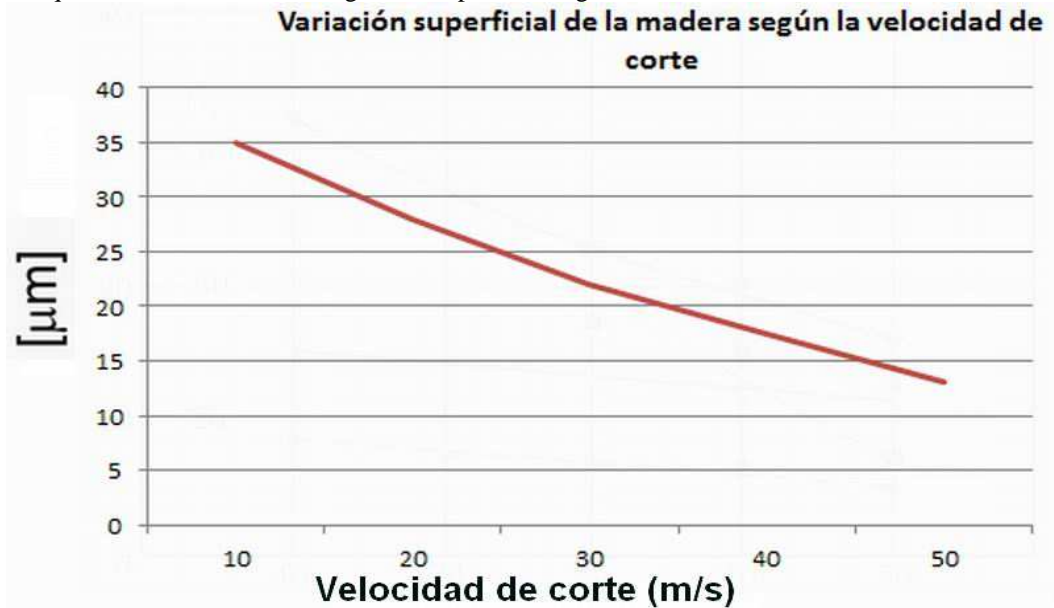
Si se recorre la superficie de la madera con un micrómetro el resultado de las variaciones superficiales sería el del esquema 6.



Según Ragoos, la variación de la rugosidad de la superficie de madera, depende de los siguientes factores:

- De la maquinaria y principalmente de las vibraciones de la máquina y de las vibraciones de los husillos portaherramientas.
- De la herramienta, tanto de su filo como del ángulo de ataque, que influye en la facilidad de rotura de la pared celular.
- De la tecnología del corte, tanto la velocidad de avance de la madera con respecto a la velocidad de la herramienta (cuanto mayor sea esta mayor es el tamaño de las ondulaciones) como la profundidad del corte.

Esquema 7: Variación de la rugosidad superficial según la velocidad de corte de la herramienta



- De las características de la madera, y dentro de esta:
 - Del grano o tamaño de las células. Siendo más regular la superficie cuanto menor sea el grano.

Esquema 8: Variación de la rugosidad superficial según el grano de la madera



- De la homogeneidad de la madera. Maderas irregulares como las coníferas, en donde la madera de otoño es claramente mas dura que la primavera, provoca roturas por cizallamiento en la madera situada entre ambas. De forma similar ocurre en las maderas de

vasos visibles y dentro de estas es mayor las irregularidades, cuando los vasos están agrupados.

- De la fragilidad de la pared celular, fundamentalmente del espesor de la pared celular, provocando mayor rotura, y por tanto mayores irregularidades, cuanto menor sea el espesor de la pared, es decir, cuanto menor sea la densidad de la madera.
- De la humedad de la madera. Valores demasiado secos, provoca problemas de fragilidad de la pared celular y por tanto irregularidades, mientras que valores demasiado altos de humedad, provoca efectos de desgarro de la pared celular y con ello también mayores irregularidades. Por tanto, la humedad idónea del procesado de la madera se sitúa en valores de alrededor del 9%

Como ya se ha indicado, la calidad de superficie que proporciona la madera mecanizada con cuchillas es insuficiente para proporcionar acabados con la calidad requerida en la fabricación de muebles, incluso en carpintería, por lo que es necesario mejorarlo mediante el lijado. El lijado, como se describirá con posterioridad es una operación de corte a través de granos de lija, que arranca la superficie de la madera, provocando un arañazo en la madera. La superficie que deja el lijado, es una superficie, en donde los defectos provocados por las herramientas precedentes quedan eliminados, pero quedan las irregularidades de los arañazos, cuyo tamaño depende fundamentalmente del tamaño del grano de la lija.

Foto 17: Superficie trabajada con lija (escala 1:1)



Foto 18: Detalle de superficie de conífera trabajada con lija con aumento de lupa de 6,4

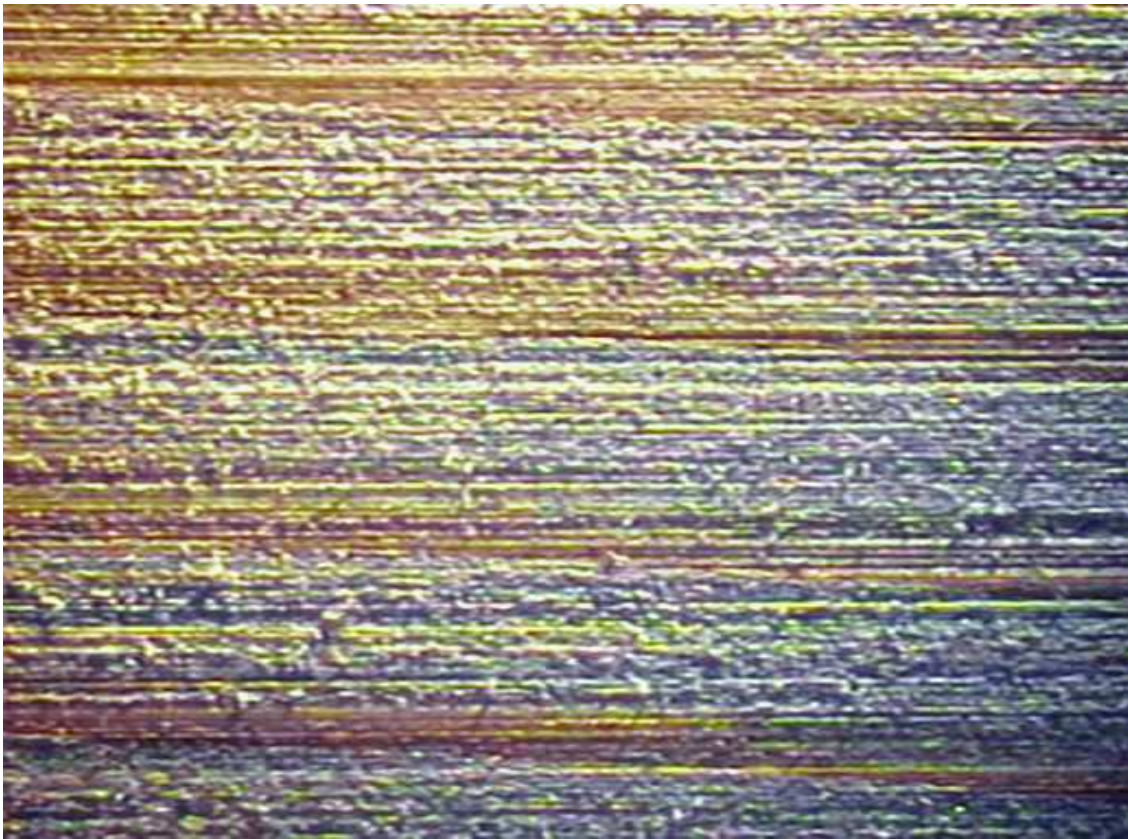
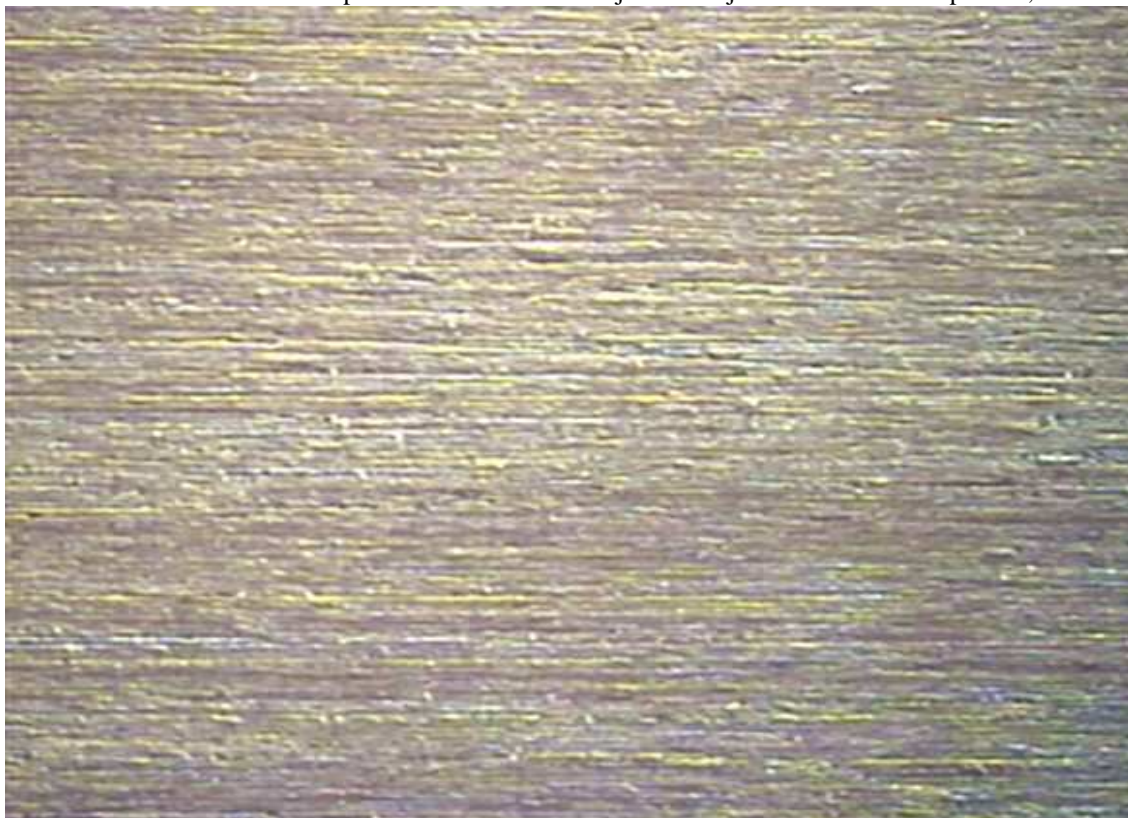
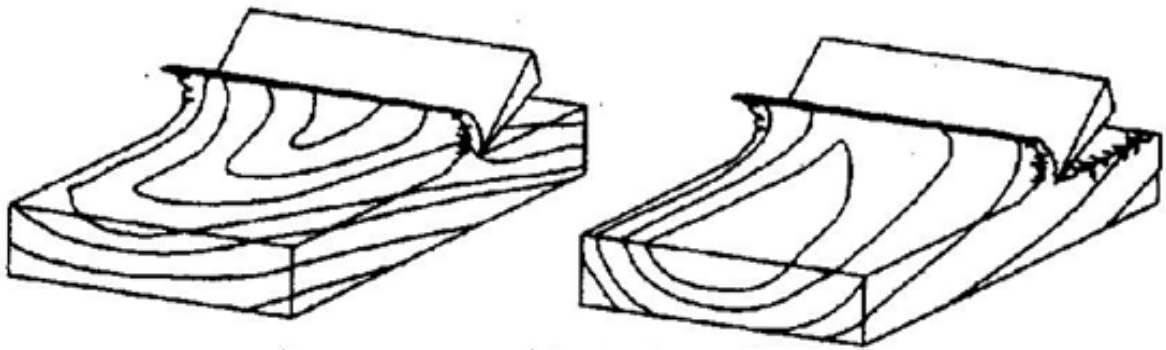


Foto nº19: Detalle de superficie de frondosa trabajada con lija con aumento de lupa de 6,4



- *Repelo o fibra encontrada*: Este defecto se caracteriza por presentar una superficie donde astillas pequeñas de madera se han roto o desgarrado. Ocurre cuando la cuchilla está cortando en contra de la dirección de la fibra de la madera. En el esquema 7 se representa el corte en dirección del hilo y en contra del hilo.

Esquema 9: Corte a favor y en contra del hilo mediante cuchilla. Vignote (2006)



Como puede apreciarse, cuando se corta en dirección contraria al hilo, la madera tiende a fisurarse, produciendo un defecto denominado repelo, que ocasiona muchas dificultades al realizar el acabado de la madera.

Foto 20: Repelo en madera de haya debido al nudo (escala 1:1)



Foto 21: Detalle del repelo en madera de haya aumentado (escala 6,4;1)



Foto 22: Repelo en madera con la fibra entrelazada (escala 1:1)



Foto 23: Detalle de repelo en madera con la fibra entrelazada (escala 1:6,4)



Foto 24: Fibra levantada

- *Fibra levantada:* Las fibras levantadas se originan cuando la cuchilla empujan la madera densa de verano hacia las células de madera blanda de primavera. Generalmente las células más blandas se rompen al adquirir humedad después del maquinado y se expandirán para retomar su forma original, creando una superficie semejante a una tabla de lavado (Foto 24).



Existen cuatro factores de maquinado que contribuyen a la generación de fibra levantada: el primer factor y de mayor importancia son las cuchillas desgastadas; insuficiente ángulo de incidencia y presión excesiva de los rodillos de alimentación, por último, un elevado contenido de humedad

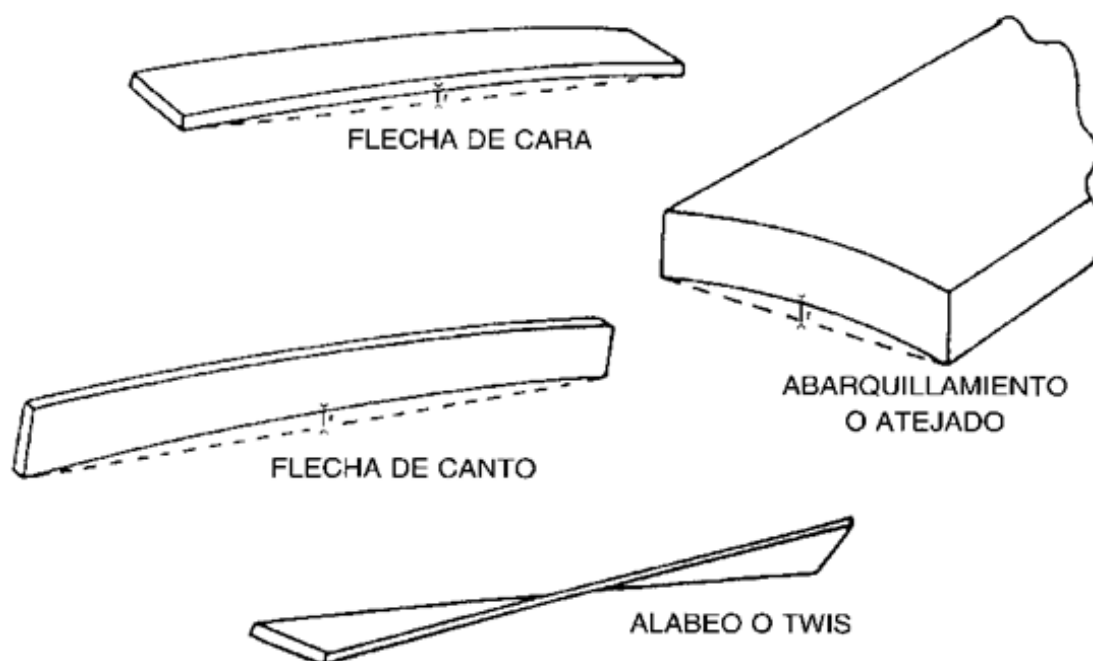
(20% o más aumentará el problema). Aguilera (2006) citado por Pardo 2009.

- *Quemaduras de herramientas*: Este defecto aparece como un área oscurecida quemada donde la madera fue sobrecalentada, causada por una pausa en la alimentación de la pieza de madera, de manera que las cuchillas se frotan sobre la madera. Esto también puede ser causado por cuchillos desgastados que son forzados hacia la pieza. (Aguilera, 2006) citado por Pardo 2009..

- ***Deformaciones por secado***

Las deformaciones más frecuentes son el curvado de cara, curvado de canto, alabeo y abarquillado. Menos frecuente es el arrombado que puede tener mayor influencia cuando se secan piezas de sección cuadrada, como por ejemplo piquetas de cerca.

Esquema 10: Deformaciones más frecuentes en el secado. Vignote (2006)



- Curvado de cara: Ambas caras se curvan con respecto al eje transversal de la pieza.
- Curvado de canto: Los cantos se curvan con respecto al eje transversal de la pieza.
- Abarquillado: Ambas caras se curvan con respecto al eje longitudinal de la pieza.
- Alabeo: Los cantos se curvan de modo que las cuatro esquinas de una misma cara no quedan en el mismo plano.
- Arrombado: Distorsión de la sección de la pieza, en cuanto a que se pierde la ortogonalidad de los lados adyacentes.

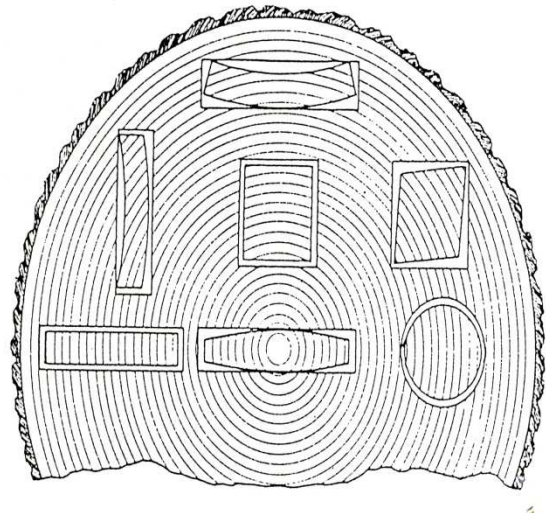
El curvado de cara de canto y el abarquillado se pueden evaluar por la flecha respectiva. El alabeo se evaluar por la altura que alcanza la esquina levantada sobre el

plano formado por las otras tres, aunque también puede serlo por la tangente del ángulo que forma el extremo levantado. Por último, el arrombado se evalúa por la pendiente de cualquiera de los lados de la sección con respecto a la vertical.

La causa de las deformaciones pueden ser múltiples, ya sea por los desequilibrios existentes por las diferencias entre las contracciones radial y tangencial, o los desequilibrios existentes entre la madera juvenil, y adulta, las tensiones de crecimiento, la madera de compresión,...

Esquema 11: Efectos de la deformación por contracción. Vignote (2.006)

> 15%			
15%			
< 15%			
CH	Corte tangencial	Corte mixto	Corte radial con médula
> 15%			
15%			
< 15%			
CH	Corte tangencial parcial	Corte mixto	Corte netamente radial



En cuanto a las causas debidas al proceso, destacan las siguientes:

- Un mal apilado, ya sea por disponer mal los rastreles, por espesores de madera diferentes .
- Por un defectuoso secado, generalmente por ventilación con turbulencias, o irregularidades o por no realizar convenientemente el acondicionado y homogeneizado.

Foto 25: Fendas de testa

- **Fendas de secado**

Ya se han indicado a las fendas como defecto de la madera aserrada, mencionándose como el secado es el origen mas frecuente de las fendas. Estas fendas pueden proceder de las siguientes particularidades:

- a) *Fendas de testa o extremas*: Las que se forman en los



extremos de la pieza. Se suele distinguir entre "**rajas**" (cuando la fenda atraviesa la pieza de forma que afecta a las dos caras, y "**grietas**" en caso contrario.

El origen de estas fendas suele ser una mala disposición de los rastreles en el secado (no llegan al extremo de las pilas) o una mala circulación del aire en el secadero.

Dado que solo afectan a los extremos de las piezas, este tipo de fendas no hacen perder mucho valor cualitativo a las piezas que lo contienen.

- b) *Fendas superficiales*: Son las que se forman en las caras de la pieza. Se pueden evaluar por su número, longitud y profundidad, pero lo más común para evaluarlas es comparar el "estado de superficie" con respecto a patrones.

Suelen estar originada por un secado demasiado rápido

Es un defecto que hace perder mucho valor cualitativo a las piezas que lo contienen, fundamentalmente en la industria del mueble.

Foto 26: Fendas internas producidas por cementado

- c) *Fendas internas*: Se desarrollan en el interior de la pieza sin afectar a la superficie. Se observan en las secciones transversales de la pieza.



Suelen originarse, bien por colapso (defecto que luego se analizará) o por fenómeno de cementado, producido cuando en el secado, la parte interna de las tablas empiezan a mermar por situarse su humedad por

debajo del punto de saturación de la fibra (PSF). En ese momento se invierten las tensiones de secado y puede originar el cementado de su superficie.

En términos de calidad de la madera aserrada, es el defecto de fenda que peor valoración tiene y suele inhabilitar su uso a las piezas que lo contienen.

- *Colapso*

El colapso consiste en el hundimiento de las paredes celulares de la madera, y se manifiesta exteriormente por una ondulación de la superficie de las piezas. Los extremos se presentan más engrosados que la parte central y las piezas de sección cuadrada, tienden a adoptar una sección ligeramente romboidal. Puede afectar a toda la pieza o a parte de ella y suele ir acompañado de la aparición de fendas internas con lo que la madera queda prácticamente inservible para cualquier elaboración posterior.

Foto 27: Formación de fendas internas y arrombamiento de la sección, típicos del colapso



El colapso es un fenómeno relacionado con las fuerzas de tensión capilar que se manifiestan en las paredes celulares durante el secado. Al comenzar el secado el vapor de agua abandona la célula por los meniscos situados en las punteaduras más pequeñas. Cuando las células contienen burbujas de aire, la tensión creada por la evaporación de la burbuja es contrarrestada por la expansión de ésta. Pero si el lumen celular está completamente lleno de agua, como ocurre en las primeras etapas del secado, la tensión capilar actúa sobre las paredes de la célula. Así las cosas, si las paredes celulares son suficientemente resistentes, el menisco es arrastrado hacia el interior del lumen formándose progresivamente una burbuja que contrarresta los esfuerzos de tensión capilar. En caso contrario la pared es atraída hacia el menisco, aplastándose y sobreviniendo el colapso.

Como factores que pueden favorecer el colapso se citan el tamaño de la punteadura, (a más pequeño, más probabilidad), el grosor de la pared celular (cuanto más fina más fácil es que se aplaste) y la aplicación de temperaturas elevadas en las primeras fases del secado. La madera de duramen ofrece mayor riesgo que la de albura. Como ejemplos de especies tendentes a colapsarse se suelen citar el Eucalipto, la Encina, el Nogal y el Chopo.

Si el colapso no es muy grave, se puede atenuar sometiendo la madera a la temperatura más alta que sea capaz de alcanzar el secadero (secaderos convencionales) en atmósfera saturada de vapor. Con todo ello, las paredes celulares se plastifican y recuperan en parte su forma inicial. En adelante se debe seguir el

secado con una cédula más suave. Si el colapso ha progresado hasta el extremo de formarse fendas internas, la recuperación resulta prácticamente imposible.

- **Otros defectos del secado**

En este epígrafe se incluyen las exudaciones resinosas, aceitosas o gomosas, las coloraciones o declaraciones y las bolsas de agua.

Foto 28: Exudaciones gomosas en el eucalipto

- **Exudaciones**

Las exudaciones, sean del tipo que sean, son inherentes a la naturaleza de la madera. Se producen siempre por el afloramiento al exterior de las sustancias de impregnación, debido a las fuertes presiones que se desarrollan sobre los elementos anatómicos de la madera a medida que esta se va contrayendo durante el secado. El único remedio en estos casos es la moderación de la marcha del secado, pero si las piezas se encuentran fuertemente impregnadas, las exudaciones serán inevitables.



Foto 29: Marcas de rastreles



- **Coloraciones**

En cuanto a las coloraciones, están relacionadas casi siempre con altas temperaturas o humedades en las primeras fases del secado, o bien por la proximidad, y a veces el contacto directo de la fuente de vapor con las pilas de madera. En ocasiones, se producen en la cubierta de los secaderos condensaciones de vapor que al mojar las pilas pueden también ser causa de decoloraciones.

Para atenuar la presencia de coloraciones sólo se puede actuar preventivamente moderando la presión del vapor, o efectuando un presecado al aire hasta humedades en torno al 30%, evitando las condensaciones, y actuando en general cuando la especie es proclive a la manifestación de coloraciones, con cédulas suaves.

3.- ALTERACIONES PATOLÓGICAS DE LA MADERA ASERRADA

La madera, por el hecho de ser materia orgánica, es susceptible del ataque de seres vivos, que provocan su total degradación. Este hecho hace que la imagen más generalizada de la madera sea la de ser un material muy poco durable, pero esta opinión es sólo verdad en parte, como vamos a exponer a continuación.

La madera es un material insensible al oxígeno del aire que oxida los metales, y muy poco sensible a la luz que degrada los plásticos. Es decir, la madera es prácticamente inalterable por los agentes físicos del medio ambiente. Con respecto a los agentes bióticos (insectos y hongos), la madera no es susceptible de ser atacada en todas las condiciones, de forma que existen soluciones arquitectónicas, que permiten evitar estos ataques. Incluso en condiciones favorables para los ataques de los agentes bióticos, existen especies que por sus características resisten dichas acciones.

Quizás no se valore los cientos de años que se han mantenido las estructuras de muchas catedrales por el simple hecho de haber tenido un pequeño mantenimiento a lo largo del tiempo que ha impedido su humedecimiento. De la misma forma, tenemos legados de tallas de varios milenios, que se han mantenido hasta nuestros días de forma intacta. La idea de durabilidad que se tienen de otros materiales, salvo la piedra, es de difícil comparación respecto de la madera, primero porque la utilización de estos materiales es muy escasa, de apenas 1 o 2 siglos, y segundo porque en su instalación, se tratan con preservantes, cosa que no se hace con la madera.

Es verdad que la madera se degrada, pero se debe examinar en que condiciones lo hace, para intentar que no se produzca y si no es posible evitarlo, existen productos protectores que garantizan la durabilidad de la madera.

A continuación se van a exponer los tipos de agentes destructores de la madera.

- **ALTERACIONES PRODUCIDAS POR AGENTES BIOTICOS DESTRUCTORES DE LA MADERA**

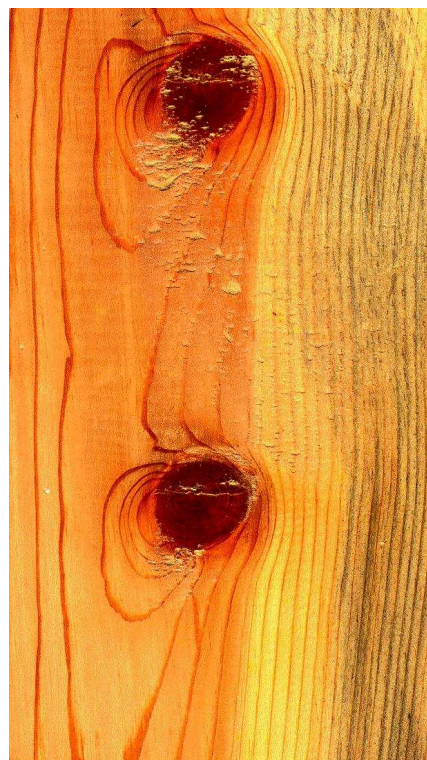
o **Coloraciones: azulado**

Es una alteración provocada por algunas especies de hongos denominados *cromógenos* que se han especializado en alimentarse de del contenido celular de las células vivas de la madera.

El único efecto importante que produce en la madera es un cambio de coloración, pero en general no afecta a su resistencia, dado que no altera la pared celular, responsable de la resistencia de ésta. Efectos menos importantes son los referidos a dar a la madera una mayor impermeabilidad, que dificulta su secado y tratamiento con productos protectores.

Según esto, una madera azulada no debería depreciarse más que por su aspecto, pero la

Foto 30: Azulado



realidad es que el hecho de estar azulada la madera, es signo de que la madera ha estado expuesta a condiciones favorables para el desarrollo de hongos de pudrición, y si bien todavía no son patente sus ataques, estos se han producido en alguna medida.

○ **Mohos**

Cuando se produce una elevada humedad relativa o en el momento de la condensación de vapor acuoso se puede producir sobre la superficie de la madera el desarrollo de hongos tipo mohos de forma algodonosa (ataque que no es específico de la madera) que provoca una pequeña alteración, fundamentalmente del color sobre esa superficie de la madera. El ataque una alteración de la superficie de la madera que apenas influye en las propiedades mecánicas pero le da un aspecto desagradable, además tiene como efecto el que facilita la rehumificación de la madera y con ello el ataque de otros hongos xilófagos.

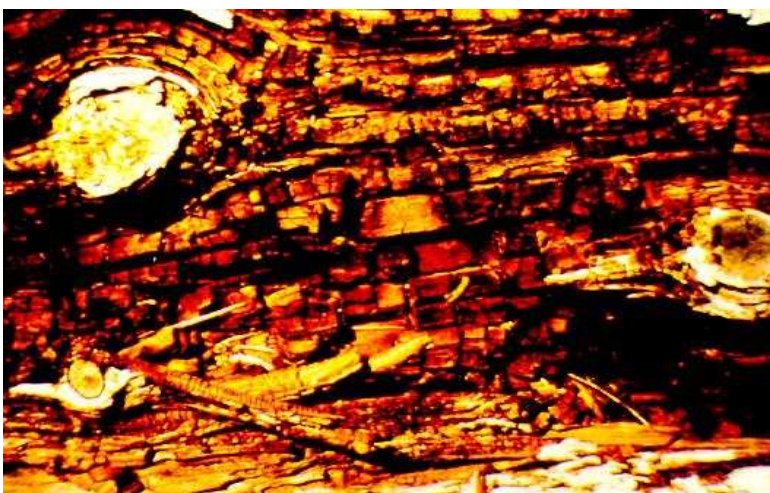
Foto 31: Mohos



- **Pudriciones**

Es una alteración provocada por algunas especies de hongos denominados *de pudrición* que se han especializado en alimentarse de la pared celular constitutiva de la madera, causando por ello una pérdida de resistencia, que si el ataque es importante, impide cualquier tipo de aplicación de esta, dado que su resistencia se anula, pudiendo desintegrarse por la simple acción de la presión de los dedos. La importancia del ataque de estos hongos se pone de relieve al estimarse que una pérdida de peso de la madera del 4% consecuencia de estos ataques supone una pérdida de resistencia del 28%

Foto 32: Pudrición parda o cúbica



En la terminología industrial se habla de varios tipos de pudrición, según si el hongo se alimenta de la lignina de la madera o de la celulosa. En realidad, en un ataque de pudrición se suelen desarrollar muchos tipos de hongos, cada uno de los cuales actúa en un determinado intervalo de degradación.

Así, se denomina **pudrición parda**, la causada por hongos que se alimentan de la celulosa, dejando la lignina, caracterizada por su color pardo. La madera se rompe dejando cubos o formas paralelepípedica, por lo que también se suele denominar a este tipo de pudrición, **pudrición cúbica**.

Por el contrario, se denomina **pudrición blanca** la causada por hongos que se alimentan de la lignina, dejando la celulosa de color blanco. La madera se rompe en fibras, por lo que también se suele denominar a este tipo de pudrición, **pudrición fibrosa**.

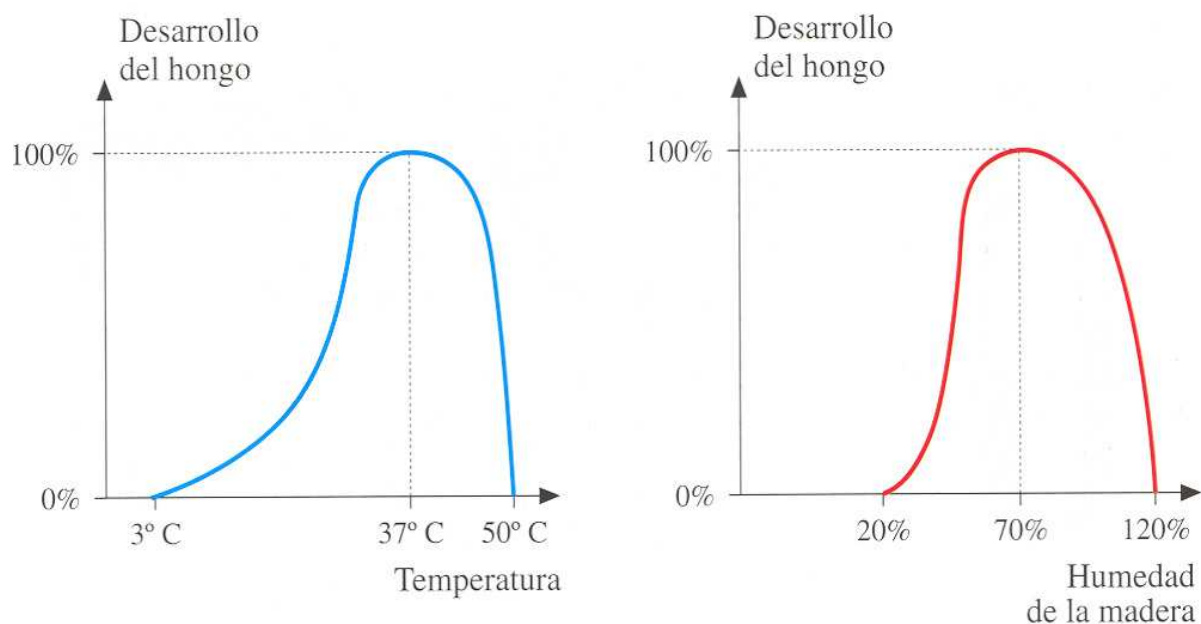
Para que unos u otros puedan vivir a expensas de la madera, se necesita que se produzcan unas condiciones, que en esencia son las siguientes:

- **Humedad de la madera:** Para que la madera pueda ser susceptible de ataques de hongos, debe poseer una humedad comprendida entre el 20 y el 140% de humedad. Por debajo del 20%, el hongo no puede desarrollarse, y por encima del 140% no existe el suficiente oxígeno para que pueda vivir. Dentro de este intervalo, el desarrollo del hongo es más rápido, alrededor del 60% de humedad de la madera.
- **Temperatura:** Al igual que cualquiera otro ser vivo, los hongos necesitan una temperatura para poder desarrollarse. El intervalo de temperatura a que se desarrollan es de 3 a 50°C, encontrando su óptimo, alrededor de los 35°C

Foto 33: Pudrición blanca o fibrosa



Esquema 12: Relación entre velocidad de desarrollo, temperatura y humedad de la madera. Vignote (2006)



- **Bacterias**

Son los primeros microorganismos que colonizan la madera expuesta en ambientes húmedos, han sido encontradas en maderas sumergidas en agua salada y dulce y en contacto con el suelo. El efecto de las bacterias sobre la madera es variado, se ha detectado un aumento en la permeabilidad, como resultado de la degradación de las membranas de las punteaduras, también se ha reconocido la capacidad enzimática para degradar la pared celular; algunas poseen la facultad de atacar maderas que han sido tratadas químicamente con preservantes. En general, se considera que el efecto del ataque de las bacterias sobre la madera es mucho menor que el de los hongos, sin embargo un ataque bacteriano condiciona la madera para la sucesión microbiana.

- **Picaduras o perforaciones**

Son pequeños agujeros o galerías producidas por el ataque de insectos xilófagos.

En el mundo existe una importante fauna de insectos que se alimentan de la madera muerta, pero ciñéndonos a España, se pueden destacar los siguientes tipos de insectos:

COLEOPTEROS

Son insectos de ciclo larvario que se caracterizan porque en fase larvaria se alimentan de la madera. Las larvas se desarrollan en el interior de la madera hasta completar su ciclo. El insecto perfecto sale de la madera, practicando un orificio, buscando el apareamiento y a continuación la puesta de huevos, otra vez en la madera.

Los coleopteros más importantes son los siguientes:

• **Lictidos (Polillas)**

Estos insectos se caracterizan porque las larvas se alimentan del almidón contenido en la pared celular, para lo cual practican galerías de alrededor de 1mm de diámetro, destruyendo la madera, y dejando tras de sí, un serrín muy fino.

Foto 34: Madera atacada por polilla

El ciclo se suele repetir cada año, salvo en zonas de climatología muy benigna, en donde se pueden dar dos ciclos al año.

Las maderas susceptibles de ataques necesitan unas características muy concretas, como son, que la madera esté seca, sea de frondosas de vasos grandes, y que posean un contenido en almidón relativamente grande (>1,5%). Esto hace, que de las maderas españolas, sólo ataquen al roble, el castaño, el nogal, el fresno y el olmo.

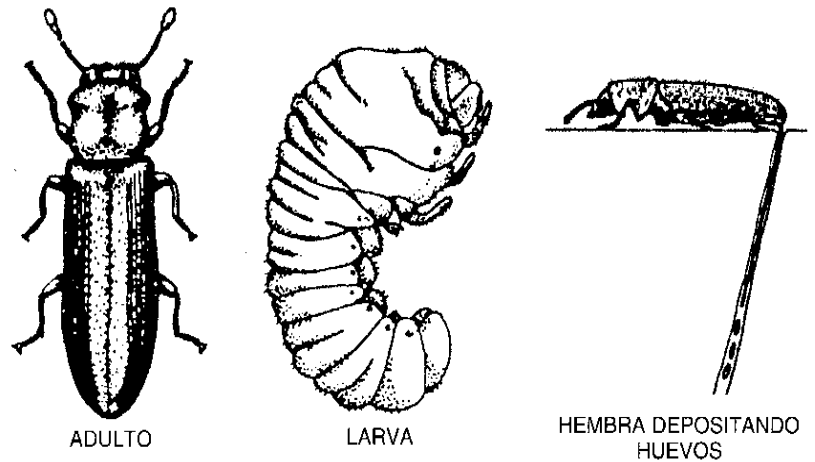
Los ataques no producen grandes daños, salvo que se haya dejado actuar durante muchos años, dado que las galerías son muy pequeñas, y la pérdida que se produce de madera es muy pequeña en porcentaje. Por otra parte, sus efectos se manifiestan muy rápidamente (en el primer año después del ataque).



- Anóbidos (Carcoma fina)

Estos insectos tienen un ciclo muy parecido a los anteriores, diferenciándose en que el alimento que aprovechan es la celulosa, tanto de coníferas como de frondosas, practicando galerías de unos 2 o 3 mm de diámetro, dejando tras de sí un serrín un poco menos fino.

Esquema 13: Adulto y larva de Lyctus. Rodríguez (1989)



Esquema 14: Larva y adulto de anobium. Rodríguez (1989)

Atacan maderas con un cierto grado de humedad, por lo que es más frecuente en zonas costeras u otras zonas que proporcionen un mínimo de grado de humedad a la madera .

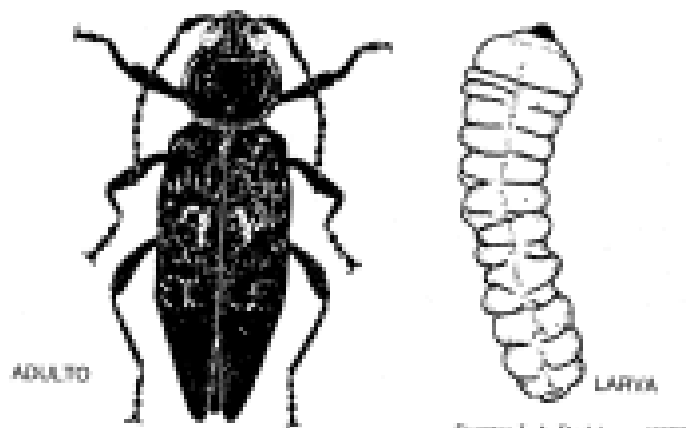


Foto 35: Estructuras de maderas atacadas por carcoma fina y carcoma gruesa



Foto nº36: Larva de Hylotrupesx20

- **Cerambíidos (*Carcoma gruesa*)**

Son insectos que, al igual que los anteriores, en fase de larva atacan las maderas (En España el *Hylotrupes bajulus* a las coníferas y *Hesperophanes* spp. a las frondosas), dejando orificios muy grandes de alrededor de 6 mm de diámetro, taponados con un serrín muy basto.

La salida del insecto adulto se caracteriza por tener forma elíptica de alrededor de 6 mm de diámetro mayor.



El ciclo de estos insectos es de varios años (3 a 11 años), lo que unido al diámetro de sus galerías, hace que los daños, antes de que se manifiesten los ataques sean bastante importantes.

- **Termitas**

Son los ataques de insectos que pueden causar mayores daños a las maderas. La termita más frecuente en España es la especie *Reticulitermes lucífugus*, aunque también actúa el *Kaloterme flavicollis* y en Canarias el *Criptoterme brevis*.

El *Reticulitermes*, al contrario que en los casos anteriores, el ataque lo producen los insectos adultos, de la casta obrera. Estos insectos, no viven en la madera, sino en termiteros situados en el interior del suelo.

Foto 37: Obrera de *Reticulitermes lucifugus* x20



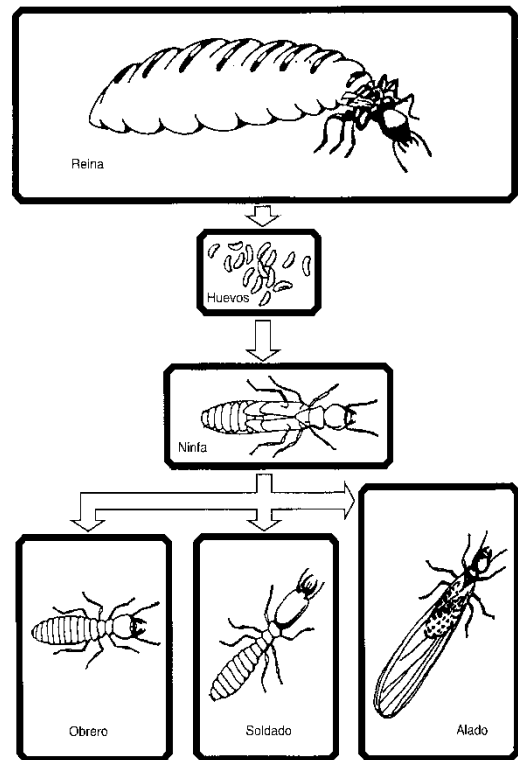
Foto 38: Obrera de *Kalotermes flavicollis* x 20



Esquema 15: Ciclo biológico de un termitero. Rodríguez (1989)

Por las noches, las termitas salen del termitero para dirigirse a la zona donde existe madera para alimentarse. Para ello construyen galerías por el interior del suelo, que en algunos casos llegan a tener un centenar de metros. Sin salir nunca al exterior, son capaces de introducirse en los edificios, taladrando hormigón, o practicando galerías exteriores a base de fabricar una argamasa extraordinariamente dura. Una vez alcanzada la madera objetivo, se alimentan aprovechando la celulosa, para lo cual practican galerías en dirección de la fibra, dejándolas libres de serrín, dado que todos los días deben volver a su termitero

Al contrario que los casos anteriores, las termitas nunca dejan huella de sus ataques (no existen orificios de salida), apreciándose sólo cuando la madera se rompe por falta de resistencia.



Existen muchas curiosidades sobre el ataque de estos insectos, aparte de los ya mencionados de taladrar el hormigón. Las termitas necesitan de humedad para poder vivir, pero atacan perfectamente maderas secas, para lo cual llevan humedad a la madera. Respecto de sus desplazamientos, también es curioso que puedan desplazarse centenares de metros hasta llegar al objetivo, para lo cual suelen construirse nidos de resistencia cada cierta distancia.

Todas estas circunstancias unidas al hecho de que son insectos sociales, en los que se agrupan varios miles de individuos, hace que sus acciones pongan en peligro de forma simultánea barrios enteros, de los que en España existe gran experiencia.

El *Kalotermes* es una especie que vive en el interior de árboles vivos, constituyendo más una plaga sobre las masas forestales que un ataque la madera. En contadas

ocasiones se relaciona con ataques a estructuras de madera. En otros países, principalmente tropicales, las termitas viven en termiteros al exterior pudiendo causar daños en maderas secas en condiciones de humedad secas y desde el exterior (véase foto del capítulo anterior).

- ***Teredo spp. y Limnoria spp.***

Son xilófagos marinos (moluscos y crustáceos) caracterizados por necesitar agua salina para poder efectuar el ataque, basados en la realización de galerías en el interior de la madera.

Clases de riesgo y durabilidad de la madera

Resumiendo todo lo expuesto hasta ahora, el riesgo de degradación de la madera por agentes bióticos, se puede establecer según el siguiente cuadro:

Cuadro 1: Clases de riesgo biótico de degradación de la madera

Clase de riesgo	Condición de exposición	Tipos de elementos	Posibilidad de ataques			
			Hongos	Termitas	Teredo	Polilla-carcoma
1	Sin riesgo de humedad	En general todos los elementos del interior de viviendas: muebles carpintería interior	Nulo	Escaso	Nulo	Eventual
2	Riesgo de humedad accidental. Humedad de la madera muy ocasionalmente por encima del 20%	Idem en proximidades de desagües o pérdidas de fontanería, ...	Escaso	Escaso	Nulo	Eventual
3	3.1 Riesgo de humedad intermitente. Humedad de la madera ocasionalmente por encima del 20%	Elementos de interior en zonas de condensación o de exterior protegidas de la humedad.	Mediano Desarrollo muy lento	Importante Desarrollo lento	Nulo	Eventual
	3.2 Riesgo de humedad intermitente. Humedad de la madera frecuentemente por encima del 20%	Elementos de exterior no protegidos de la humedad	Importante Desarrollo lento	Importante Desarrollo lento	Nulo	Eventual
4	4.1 Riesgo de humedad permanente. Humedad de la madera predominantemente por encima del 20%	Elementos en contacto normal con el suelo o con agua dulce	Importante Desarrollo rápido	Importante Desarrollo rápido	Nulo	Eventual
	4.2 Riesgo de humedad permanente. Humedad de la madera permanentemente por encima del 20%	Elementos en contacto intenso con el suelo o con agua dulce	Importante Desarrollo muy rápido	Importante Desarrollo rápido	Nulo	Eventual
5	Humedad marina permanente	Elemento en contacto con el agua marina	Importante Desarrollo rápido	Importante Desarrollo rápido	Alto	Nulo

Se ha remarcado las palabras que definen exactamente las diferencias en el riesgo de humedad y en los elementos constructivos en los que aparece. Un ejemplo de diferencia entre la clase de riesgo 3.1 y 3.2 puede ser un elemento constructivo de exterior, que en el primer caso se ha evitado cualquier superficie horizontal que acumule agua, a base de darle una forma convexa mientras que en el caso de clase de riesgo 3.2, puede ser el mismo elemento constructivo pero con superficies horizontales.

Según estas clases de riesgo se establecen las siguientes clases de durabilidad:

Cuadro 2: Durabilidad natural frente a hongos de una madera expuesta en la clase de riesgo 4.

Clase de durabilidad	Descripción	Duración efectiva
1 MD	Muy durable	10 a 15 años
2 D	Durable	7 a 12 años
3 M	Medianamente durable	5 a 7 años
4 P	Poco durable	3 a 5 años
5 S	No durable	Menos de 3 años

Cuadro 3: Durabilidad frente a insectos de ciclo larvarios (polilla, carcoma fina y carcoma gruesa)

Clases de durabilidad	Descripción
Durable	D
Sensible	S

Cuadro 4: Durabilidad frente a termitas

Clases de durabilidad	Descripción
D	Durable
M	Medianamente durable
S	Poco durable

Cuadro 5: Durabilidad frente a teredos

Clases durabilidad	Descripción
D	Durable
M	Medianamente durable
S	Poco durable

Ejemplos de clases de riesgo son los que se indican en las siguientes figuras:

Foto 39: Armario en un salón, Clase de riesgo 1

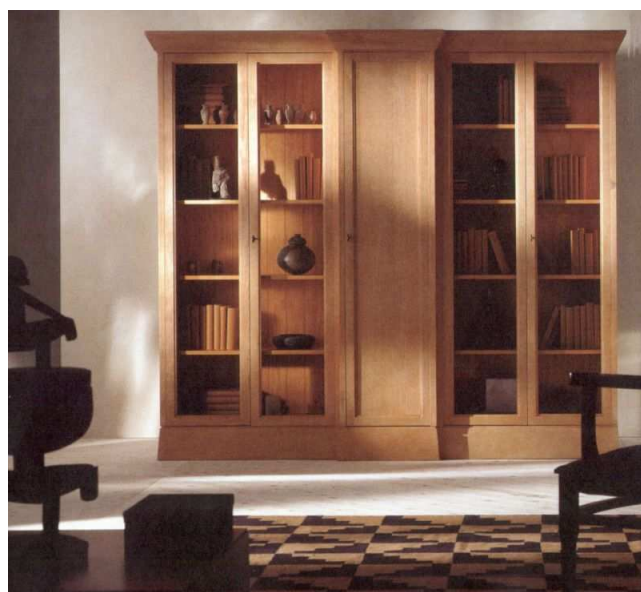


Foto 40: Carpintería estructural- Clase de riesgo 2



Foto 41: Quitamiedos- Clase de riesgo 3.1. Obsérvese el detalle del apoyo



Foto 42: Pasarela sobre río.
Clase de riesgo 3.2.

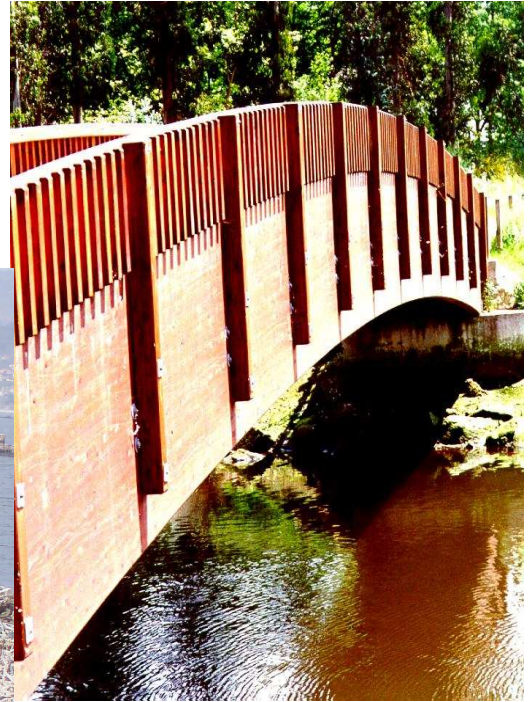


Foto 43: Batea de cultivo de mejillones. Clase de riesgo 5



Foto 44: Pérgola anclada directamente
en el suelo. Clase de riesgo 4.1



Foto 45: Pasarela sobre laguna. Clase de riesgo 4.2



Clases de servicio del código técnico de la edificación.

El Código Técnico de la Edificación establece las clases de servicio a que está expuesta la madera, únicamente en función del contenido de humedad que puede alcanzar los productos estructurales de madera, con lo que posteriormente utilizar los coeficientes de reducción de las propiedades resistentes.

Estas clases de servicio y su correspondencia con las clases de riesgo son los siguientes:

Cuadro 6: Clases de servicio y su correspondencia con las clases de riesgo

Clase de servicio	Correspondencia con la clase de riesgo	Contenido de humedad
1	1	<12%
2	1 2 si el elemento se encuentra sometido a humectaciones	Entre el 12 y el 20%
3	2 3 o superior	>20%

- **AGENTES ABIOTICOS DE DESTRUCCION O DEGRADACION DE LA MADERA**

Además de estas acciones de agentes bióticos, la madera puede degradarse rápidamente por la acción del fuego, y es algo alterable por la luz, como a continuación se expone.

- ***Oscurecimiento por degradación de la luz***

El espectro ultravioleta de la luz penetra unas micras en el interior de la madera, descomponiendo la lignina y por tanto afectando en gran medida en las características de la pared primaria y parte de la primera pared de la secundaria de las células de la madera. Esta descomposición supone el desligamiento de las células de la madera y con ello su disgregación.

Foto 46: Secuencia de oscurecimiento por la luz



La acción de la luz es lenta desde un primer momento, pero más, a medida que aumenta la degradación, dado que la propia madera degradada sirve de protección al resto. Así, los primeros efectos de la luz se hacen patentes entre el primer año y los 7 años, según el grado de exposición en que se encuentre la madera, cambiando de color, de forma que se oscurece si la madera es clara y se aclara si la madera es oscura. Al cabo de 100 años de exposición, la degradación sólo afecta a los primeros milímetros de la madera, degradando más las zonas de primavera que las de otoño, y más la albura que el duramen. Este aspecto, denominado efecto peine, en el que se resalta la veta, es imitado en muchos muebles, mediante la aplicación de técnicas de envejecimiento.

El espectro infrarrojo penetra en la madera hasta 1 o 2 mm de profundidad, afectando en la medida de que provoca su calentamiento, más, cuanto mayor sea

su exposición al sol y más oscura sea la madera. Este calor puede producir secado y con ello merma de la madera y por tanto fendas.

Foto 47: Madera meteorizada

- ***Meteorización***

Si al efecto de la luz ultravioleta se une el agua de lluvia que arrastra la celulosa degradada el efecto es mucho más rápido, apareciendo la superficie de la madera además con un color más oscuro con pequeñas perforaciones casi continuas que profundizan apenas unos milímetros

- ***Quemaduras***

La madera expuesta al fuego arde en su superficie rápidamente, formándose una capa carbonosa que impide que el oxígeno necesario para la combustión pase al interior de la madera, ralentizándose la combustión, de forma que si el aporte de calor no continua el proceso puede incluso pararse.

En cualquier caso, al menos los 3 primeros milímetros de la madera queda totalmente negra, cuarteada y sin resistencia mecánica, de forma que cualquier esfuerzo aplicado sobre ella, se rompe y desprende del resto de la madera.



REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

ALVAREZ H.; SEOANE I.; 1.982: *Fotodegradación de la madera* Ed. Boletín AITIM nº 108, Madrid, págs 22 a 25.

ALVAREZ H Y FERNANDEZ-GOLFÍN J. I., 1.991 "*Fundamentos teóricos del secado de la madera*" Ed.: INIA, Madrid, págs 29 a 74.

ARRIAGA F et al; 1.994 *Guía de la madera para la construcción el diseño y la decoración*. Editado AITIM, pp 36-47

BENITO MARTÍNEZ J, 1.963 "*Investigaciones sobre termicidas y maderas resistentes a las termitas*" Ed. IFIE, Madrid

BROWN; PANSHIN and FORSAITH "*Structure, Identification, Defects and Uses of the Commercial Wood of the United States*" Ed. McGraw-Hill Book Company, 1.949, New York

CHANRION P., 1.989 *Le sechage des resineux* Ed. CTBA, Paris, 97 págs.

CIVIDINI R., 1.983 "*Elementi di tecnologia Forestale*" Ed. Edagricole, Bologna, págs 44 a 90

C. T. B., 1.979 *Dossier le bois et le feu* Ed. CTB, París.

CTBA, 1.996 *Insectes et champignons du bois* Ed. CTBA, Paris, 113 pp

ELVIRA L. y JIMÉNEZ PERÍS F., 1.982 *Comportamiento al fuego de materiales y estructuras* Ed. INIA, Madrid, 285 págs.

FISKE L. M.; 1.967 *Manual de Secado de la Madera* Ed. AITIM, Madrid, 253 págs.

FOREST PRODUCT LABORATORY; 2.010 "*Wood handbook: Wood as an engineering material*" Madison ; US Department of Agriculture, Forest Service, Forest Product Laboratory, 509 p.

JOLY P. y CHEVALIER F. M. 1.980 *Theorie, Pratique et Economie du Sechage des Bois*. Ed. H. Vial, 1.980, Dourdan, Francia

JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA: *Manual del Grupo Andino para el Secado de Maderas* Ed. Junta del Acuerdo de Cartagena.

KOLLMANN F., 1959: "*Tecnología de la madera y sus aplicaciones*" Ed. IFIE, Madrid, págs 25 a 38

MAGOOS, E.; 2008 *General Regularities of Wood Surface Roughness* Acta Silv. Lign. Hung., Vol. 4 (2008) 81-93

MARTÍN DIEGUEZ J., 1.960: "*La carcoma de la madera y métodos para combatirla*" Ed. Servicio de Plagas Forestales Ministerio de Agricultura, Madrid

NICHOLAS D. D. *Wood deterioration and its Prevention by Preservative Treatments* Ed. Syracuse University Press Vol 1 y Vol 2

PERAZA F., 1.988 "*Protección de la madera*" Ed.: Boletín de AITIM nº133, págs 36 a 41

PERAZA SÁNCHEZ, F.; 2.002 "Protección preventiva de la madera" Ed. AITIM; 437 pág

PRATT G. H.; 1.974 *Timber drying manual* Ed. BRE London: 152 págs.

TORRES JUAN J., 1.964: "*El azulado de la madera y su tratamiento*" Ed. AITIM, Madrid.

TORRES JUAN J., 1.968: *"Los organismos xilófagos y su tratamiento"* Ed. Servicio de Plagas Forestales, Ministerio de Agricultura, Madrid

TORRES JUAN J., 1.966: *Conservación de madera en su aspecto práctico* Ed. IFIE, Madrid, 101 págs.

TSOUMIS, G.; 1.991 *"Science and technology of wood. Structure, properties, utilization"* Editado Van Nostrand Reinhold. New York

REMACHA A., 1.989 *Agentes bióticos que atacan a la madera. Ciclo biológico, tipo de ataque y control del mismo* Ed. AITIM, Madrid, 43 págs.

RODRÍGUEZ BARREAL, J.A., 1989 *"Conservación de madera"*

VIGNOTE S., 1.986 *Apuntes de tecnología general de productos forestales* Ed. Fundación Conde del Valle Salazar, Madrid

VIGNOTE S.; ZAMORA-SANCHIS, R; PICOS-MARTÍN, J 2000. *Características de las principales maderas utilizadas en Bizkaia: tecnología y aplicaciones.* 2000 Ed. Diputación de Bizcaia, Bilbao 202 pág.

VIGNOTE; S. MARTINEZ-ROJAS, I. 2.006 *Tecnología de la madera.* Mundi-Prensa Libros, 687 págs.

VILLIERE A.; 1.966 *Sechage des bois* Ed. Dunod, Paris., 409 págs.