



**INDUSTRIA DE
TABLEROS ALISTONADOS**

Ing. Forestal M. Sc. Gabriel D. KEIL (1)

Ing. Forestal Eleana M. SPAVENTO (2)

(1) Profesor Adjunto, (2) Ayudante Diplomada, Industrias de Transformación Mecánica
Departamento de Ingeniería Agrícola y Forestal
Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales
Universidad Nacional de La Plata

- Marzo de 2009 -

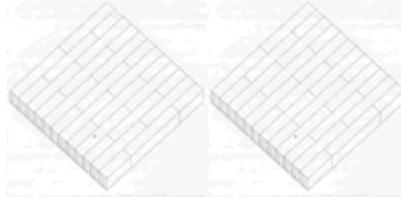
Índice de Contenidos

1. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1. Definiciones	3
1.1.1. Tableros alistonados	3
1.1.2. Tableros de alma alistonada	3
1.1.3. Tableros ensamblados.....	3
1.2. Composición de los tableros alistonados	3
1.3. Usos y aplicaciones.....	4
1.4. Tipos de tableros	4
1.4.1. Según la composición.....	4
1.4.2. Según las condiciones de uso o exposición.....	4
1.4.3. Según las propiedades mecánicas o de resistencia	4
1.4.4. Según la especie de madera	4
1.4.5. Según su presentación o el estado de la superficie de las caras	4
1.4.6. Según la composición de la cara y contratara.....	5
1.5. Dimensiones de los tableros	5
2. PROPIEDADES DE LOS TABLEROS	5
2.1. Contenido de humedad	5
2.2. Densidad aparente	5
2.3. Estabilidad dimensional	5
2.4. Resistencia a la humedad	5
2.5. Conductividad térmica	6
2.6. Aislamiento acústico.....	6
2.7. Reacción al fuego.....	6
2.8. Comportamiento frente a los agentes biológicos	6
2.9. Conductividad eléctrica	6
2.10. Acción de los rayos ultravioletas	6
2.11. Arranque de tornillos y clavos	6
2.12. Propiedades estructurales	7
2.13. Marcas de calidad.....	7
3. FABRICACIÓN DE LOS LISTONES SANEADOS.....	7
4. FABRICACIÓN DE LOS TABLEROS ALISTONADOS	11
5. PRINCIPALES USOS DE LOS TABLEROS ALISTONADOS	14
6. TABLERO DE LISTONES ENCHAPADO Y PLACA DE CARPINTERO	14
7. FABRICACIÓN DE LA PLACA DE CARPINTERO.....	15
8. UNIÓN DENTADA O FINGER JOINT.....	16
8.1. Aspectos básicos	16
8.2. Largo del diente	17
8.3. Factores inherentes a la madera	18
8.4. Factores de fabricación	19

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Definiciones

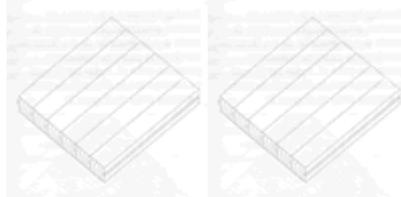
1.1.1. Tableros alistonados: Son los formados por listones de madera, de longitudes iguales o diferentes, encolados entre sí por medio de un adhesivo, siendo el grosor y la anchura de los listones iguales dentro del mismo tablero.



1.1.2. Tableros de alma alistonada: Son los formados por un alma de listones, de longitudes iguales o diferentes, encolados o no entre sí. El alma está cubierta por una o más chapas encoladas a ella en contramalla, que constituyen las caras.



1.1.3. Tableros ensamblados: Son los formados por tablas machihembradas o lengüeteadas de canto, pudiendo ir estas uniones, además de ensambladas, encoladas. En la industria se les conoce generalmente como tableros de madera.



1.2. Composición de los tableros alistonados

Los tableros de listones están compuestos por los siguientes elementos:

- **Listones de madera:** piezas prismáticas de madera maciza y sección rectangular, anchura mayor o igual a 25 mm y espesor comprendido entre 3 y 10 mm. Se puede utilizar cualquier especie de madera, las más habituales: Pino insignis, Pino gallego, Castaño, y Haya. En Argentina se utilizan diversas maderas de monte de cultivo tales como álamo, sauce, pino elioti, pino taeda, pino paraná, paraíso; además se utilizan maderas valiosas nativas tales como lenga, petiribí y cedro. Se utiliza madera corta de especies con defectos como la lenga en el sur, o madera saneada como pinos y paraíso en la provincia de Misiones. También se utiliza madera saneada de salicáceas del delta bonaerense en fábricas ubicadas en los partidos de Tigre y San Fernando, junto a otros municipios del norte de la provincia de Buenos Aries. En Corrientes y Entre Ríos se fabrican tableros alistonados de eucaliptos.

- **Capa:** piezas de madera situadas en el mismo plano.

- **Adhesivos:** dependiendo de las características y de las propiedades requeridas se utilizan adhesivos de melamina-formol y acetato de polivinilo.

1.3. Usos y aplicaciones

Estos tableros encuentran un uso masivo en la fabricación de muebles, aberturas, escaleras y, en menor medida, para usos estructurales y encofrados.

1.4. Tipos de tableros

Encontramos en el mercado diversos tipos de tableros alistonados, que se pueden clasificar de la siguiente manera:

1.4.1. Según la composición

- monocapa: compuesto por una sola capa.
- multicapa: compuesto por un número de capas impares, generalmente tres

1.4.2. Según las condiciones de uso o exposición

- ambiente seco: clase de riesgo 1 (UNE EN 335.2) y clase de servicio 1 (ENV 1995- 1-1)
- ambiente húmedo: clase de riesgo 2 (UNE EN 335.2) y clase de servicio 2 (ENV 1995-1-1)
- ambiente exterior: clase de riesgo 3 (UNE EN 335.2) y clase de servicio 3 (ENV 1995-1-1)

1.4.3. Según las propiedades mecánicas o de resistencia

- aplicaciones generales
- aplicaciones estructurales

1.4.4. Según la especie de madera

- coníferas: según las características y singularidades de la madera se definen 5 clases (0, A, B, C y S)
- frondosas: según las características y singularidades de la madera se definen 3 clases (A, B, C)

1.4.5. Según su presentación o el estado de la superficie de las caras

- en bruto
- lijados

- con superficies texturizadas
- con acabados superficiales (revestidos, barnizados, etc.)

1.4.6. Según la composición de la cara y contratara

- piezas unidas entres sí
- piezas enteras

1.5. Dimensiones de los tableros

- longitud: 970, 1.000, 1.970 o 2.000 mm
- ancho: 500 mm
- espesor: 27, 22 mm

2. PROPIEDADES DE LOS TABLEROS

2.1. Contenido de humedad

El contenido de humedad de los tableros va a depender del ambiente en que vaya a ser utilizado:

- Ambiente seco = 8 ± 2 %
- Ambiente húmedo = 10 ± 3 %
- Exterior = 12 ± 3 %.

2.2. Densidad aparente

La densidad aparente de los tableros alistonados va a ser igual a la de la madera que lo está formando.

2.3. Estabilidad dimensional

Al estar formado por piezas de escuadría pequeña y encolados con adhesivos que establecen una unión mayor entre los listones que las propias fibras dentro del listón, es un producto estable, con una dependencia mucho menor de las especies utilizadas con respecto a una pieza de madera enteriza.

2.4. Resistencia a la humedad

La resistencia a la humedad es muy buena en tableros fabricados para ser utilizados en el exterior.

2.5. Conductividad térmica

Los valores de la conductividad térmica ($\text{Kcal/mh } ^\circ\text{C} = \text{W}/(\text{m}\times\text{K})$) están en función de la densidad del tablero (kg/m^3). Así, un valor de 0,09 se corresponde para una densidad de tablero de 300 kg/m^3 ; un valor de 0,13 para densidad de tablero de 500 kg/m^3 ; un valor de 0,17 para densidad de tablero de 700 kg/m^3 y un valor de conductividad térmica de 0,24 para tableros con una densidad de 1000 kg/m^3 .

2.6. Aislamiento acústico

La capacidad del tablero para ser usado como un material aislante acústico depende en mayor medida del tipo de construcción y la forma en que se instale, ya que los valores de conductividad acústica dependen de la madera que lo formen, pero se pueden mejorar por diseño de las instalaciones.

2.7. Reacción al fuego

- a) Clasificación española - Epirradiador: varía en función del espesor y especie, normalmente M-4, a veces M-3 si son superiores a 14 mm; con tratamientos ignífugos M-1 y M-2.
- b) Euroclases - SBI: espesores superiores a 12 mm con una densidad mínima de 400 kg/m^3 , D-s2, d0; DFL-s1.
- c) con tratamientos ignífugos mejoran sus prestaciones.

2.8. Comportamiento frente a los agentes biológicos

El comportamiento frente a los agentes biológicos degradadores está, al igual que para la madera maciza, en función de las clases de riesgo en que se encuentren instalados, pueden ser degradados por hongos xilófagos, insectos xilófagos de ciclo larvario e insectos xilófagos sociales (termitas). Su comportamiento se puede mejorar mediante su protección superficial, media o profunda.

2.9. Conductividad eléctrica

Del mismo modo que la madera maciza, en estado seco es un material con excelentes características de aislación eléctrica.

2.10. Acción de los rayos ultravioletas

La acción de los rayos UV puede provocar la rotura de las fibras. Su comportamiento se puede mejorar mediante su protección superficial, media o profunda, con productos tipo barnices, lacas o lasures con protectores de UV o con pinturas pigmentadas.

2.11. Arranque de tornillos y clavos

La aptitud del tablero para la retención de clavos y tornillos está en función directa de la especie que forme el tablero.

2.12. Propiedades estructurales

El fabricante puede suministrar los valores característicos particulares de sus tableros que van a estar en función de la madera y del adhesivo que se ha empleado en la fabricación del mismo.

2.13. Marcas de calidad

El sello de Calidad AITIM exige que el fabricante tenga implantado un control interno de fabricación. Incluye la realización de dos inspecciones anuales, en las que se recogen muestras para sus ensayos y se comprueba la realización del control interno de fabricación.

3. FABRICACIÓN DE LOS LISTONES SANEADOS

Actualmente y por lo general, los tableros alistonados son fabricados a partir de listones de madera saneada o madera *clear*.

Se denomina listón saneado o madera *clear* a aquella en la cual se han eliminado los defectos, principalmente nudos y posteriormente a realizarle un fresado de los pequeños bloques limpios, se vuelven a unir, formando una pieza libre de nudos de longitudes variables.

De esta manera, el primer paso para la fabricación de un tablero alistonado, es la fabricación de los listones saneados que lo formarán.

El diagrama de flujo de la producción de listones saneados puede sintetizarse de la siguiente manera:

- ✓ PLAYA DE TROZAS
- ✓ ASERRADO
- ✓ CLASIFICACIÓN EN VERDE
- ✓ SECADO EN HORNO
- ✓ CLASIFICACIÓN DE MADERA SECA
- ✓ DESDOBLADO DE LAS PIEZAS DE MAYOR ESCUADRÍA
- ✓ CEPILLADO DE CARAS Y CANTOS
- ✓ MARCACIÓN DE DEFECTOS
- ✓ ELIMINACIÓN DE DEFECTOS
- ✓ CLASIFICACIÓN DE BLOCKS
- ✓ FINGER JOINT DE BLOCKS
- ✓ ENCOLADO DEL FINGER
- ✓ ARMADO DE LISTÓN
- ✓ PRENSADO DEL LISTÓN
- ✓ CORTE TRANSVERSAL
- ✓ CEPILLADO DE CARAS Y CANTOS
- ✓ CLASIFICACIÓN DE LISTÓN SANEADO
- ✓ ALMACENAMIENTO

La línea de producción de tableros alistados, suele estar instalada en el taller de remanufactura de los aserraderos comunes o aquellas líneas instalada para aserrar madera de raleos, que producen madera aserrada con un buen nivel tecnológico, aprovechando la madera fina, de pequeñas escuadrías y longitud; dando además la posibilidad de reaprovechar los costaneros gruesos aumentando así el rendimiento de la madera.

Se realiza una clasificación visual de los listones a la salida de la línea de aserrado o en la mesa de clasificación donde también se encuentran las sierras despuntadoras.

Además estas instalaciones deben contar con hornos secaderos ya que, para el encolado de los tableros, la madera debe estar seca, entre 10 y 12% de contenido de humedad, para hacer eficiente la línea de cola. Debido a la aparición de alabeos, más acentuados en unas especies que en otras, es conveniente secar la madera con escuadrías mayores a la de un listón.

Si la madera seca no se usará en el corto plazo, debe acondicionarse en un galpón cerrado, con baja humedad relativa y si no se procesará en el lugar de secado, es conveniente protegerla con un film, para que durante el transporte al lugar de fabricación del tablero no aumente su contenido de humedad.

La madera se seca generalmente de anchos superiores al listón por lo que es necesario el desdoblado, sobre todo en ancho, de las piezas secas. Este trabajo se realiza con sierras circulares múltiples de un eje, con cortes de gran precisión.

Posteriormente al aserrado, se realiza el cepillado de los listones en las cuatro caras. Existen en el mercado máquinas que realizan las dos operaciones en un solo equipo, desdoblado y cepillado de listones. El objetivo de este cepillado es limpiar la madera para dejar bien visibles los defectos que aparecen en ella.

Los listones cepillados son inspeccionados por operarios que van marcando los defectos, antes y después del mismo, con un lápiz especial ya que posteriormente, estas marcas son leídas por un equipo que realiza un corte con sierra circular donde está cada marca.

El próximo paso es el corte del listón por donde fue marcado y la separación de los defectos (nudos) que serán empleados como combustible. El bloque de listón libre de nudos es denominado *block* y tiene la misma escuadría que el listón y longitudes variables según la distancia entre un defecto y otro.

En esta etapa se realiza una clasificación de los bloques, eliminando aquellos en los que haya quedado algún defecto y también se eliminan los bloques demasiado cortos porque van a consumir mayor cantidad de cola y van a bajar la productividad en los pasos posteriores del proceso.

Los bloques limpios pasan a una máquina con fresas que le realizan el calado en ambas cabezas, para dejarlos listos para la unión longitudinal dentada (finger joint). El objetivo de este paso es aumentar la superficie de encolado para hacer más fuerte la unión de cabeza con respecto a una unión de tope donde simplemente se enfrenten las cabezas de los bloques.



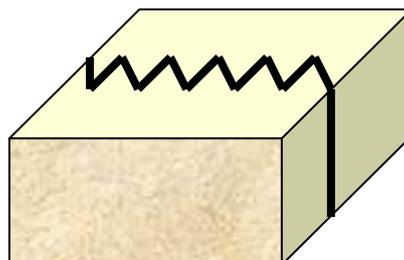
Finger joint



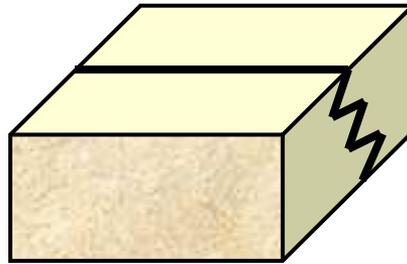
Unión de tope

Generalmente se usa el finger joint sistema americano, en aquellos listones de sección rectangular, puesto que proporcionan una mayor superficie de contacto, haciendo más eficiente la unión, con respecto al sistema europeo.

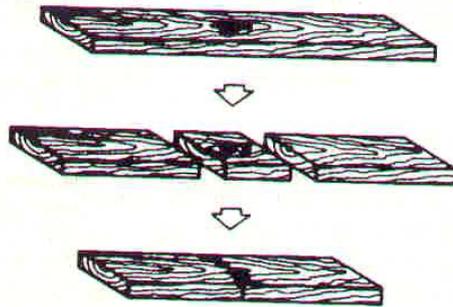
Sistema americano



Sistema europeo



El próximo paso es el encolado manual o mecánico de las cabezas dentadas para el posterior armado del listón y su colocación en la prensa, cuyo mayor presión se la da al listón en sentido longitudinal, regulada para que sea lo suficientemente alto como para poner en contacto total las dos partes y no tan alta como para evitar romper los dientes del bloque.



Saneamiento de listones

En esta etapa de formación de la unión de dedos, *finger Joint*, también se da una presión de menor magnitud, en sentido perpendicular al listón, para evitar que el mismo se salga de su plano, mientras se esté presionando longitudinalmente.

Listón saneado



El listón formado es clasificado, cepillado en las cuatro caras para eliminar los restos de cola de las uniones y luego es cortado a la longitud de uso, para posteriormente ser almacenado.

4. FABRICACIÓN DE LOS TABLEROS ALISTONADOS

El segundo paso para la fabricación de un tablero alistonado, es la unión de los listones saneados que lo formarán y su terminación.

El diagrama de flujo de la producción de tableros alistonados puede sintetizarse de la siguiente manera:

- ✓ LISTÓN ASERRADO O SANEADO
- ✓ CLASIFICACIÓN DE LISTONES
- ✓ CEPILLADO DE CARAS Y CANTOS
- ✓ ENCOLADO DE CARAS O CANTOS
- ✓ ARMADO DEL TABLERO
- ✓ PRENSADO DEL TABLERO
- ✓ CORTE TRANSVERSAL
- ✓ LIJADO DE CARAS
- ✓ MADURACIÓN DEL TABLERO
- ✓ ALMACENAMIENTO
- ✓ EMPAQUE O REMANUFACTURA

Los listones se clasifican si no se ha hecho en la primera etapa. El cepillado de caras o cantos, dependiendo de qué partes de los listones se encolarán para formar el tablero, debe hacerse inmediatamente antes a su encolado, para evitar que las superficies se vuelvan a ensuciar, en el caso de cepillarlos y que transcurra un tiempo hasta el armado del tablero.

Sus superficies deberán estar correctamente preparadas para ser encoladas. El cepillado reduce los listones al espesor definitivo, removiendo cualquier indicio de adhesivo e irregularidades que hayan quedado debido a la unión de extremos y cantos.

El espesor de los listones debe ser uniforme a lo largo de todo el tablero. Si existe una zona con menor espesor, debe eliminarse, cortándola.

El encolado de las cara o cantos opuesto del listón, generalmente se realiza con rodillos, encolando de a una cara o canto o los dos opuestos simultáneamente

En esta etapa es necesario tener estudiados los tiempos de las actividades, ya que el encolado se debe realizar durante la vida útil de la mezcla del adhesivo ya preparado.

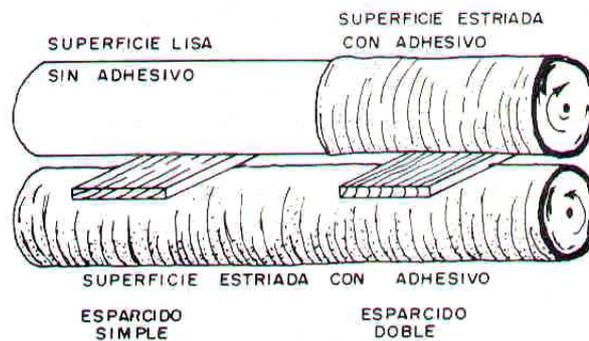
El adhesivo especificado deberá mezclarse correctamente de acuerdo a las instrucciones del fabricante y prepararse con la suficiente anticipación, de modo que, al iniciarse el proceso de encolado de los listones, ya se encuentre en condiciones de ser usado.

La cantidad de adhesivo necesaria depende del tipo de adhesivo y de las características de la especie a encolar. En general, especies con densidades altas requieren menos adhesivos que las especies de baja densidad y las especies porosas. El duramen requiere menos adhesivo que la albura.

Existen diferentes métodos para realizar el esparcido del adhesivo: brochas, rodillos manuales, pistola o esparcidores mecánicos (encoladoras).

La mayoría de los esparcidores mecánicos tienen dos rodillos y dos recipientes que controlan la cantidad de adhesivo que se aplica a las láminas.

Existen dos tipos de esparcido: simple y doble. En el esparcido simple se encola una sola cara, y, en el esparcido doble, se encolan ambas caras.



Esparcidor para producir esparcidos simple y doble, simultáneamente

Una vez encolados los listones deben ser colocados en las prensas. La presión recomendada debe ser tal que provoque un escurrimiento parejo del adhesivo, a lo largo de toda la línea de cola. Es recomendable para las coníferas una presión de 7 kg/cm^2 , y para latifoliadas semi duras o duras, de 10 kg/cm^2 . En el caso de las salicáceas se puede tomar como referencia la presión estimada para las coníferas.

La operación de prensado debe completarse mientras el adhesivo esté aún sin fraguar. El escurrimiento es un índice de que el adhesivo no se ha endurecido.

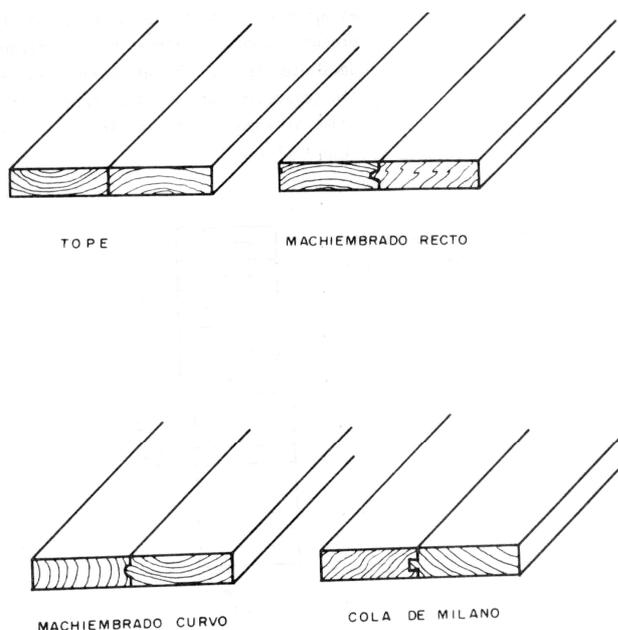
El período de tiempo que media entre el término del esparcido del adhesivo y la aplicación de la presión, se llama “tiempo o período de ensamblado”.

El tiempo de ensamblado se divide en dos etapas:

- a) Tiempo de ensamblado abierto: es el período que media entre el término del esparcido y el contacto de dos láminas adyacentes.
- b) Tiempo de ensamblado cerrado: es el período que media entre el contacto de dos láminas adyacentes y la aplicación de la presión final.

El adhesivo expuesto al aire durante el ensamblado abierto, fragua mucho más rápidamente, que un adhesivo ubicado entre dos láminas que han sido puestas en contacto inmediatamente después del esparcido. Por esta razón el período de ensamblado abierto es mucho más restringido que el correspondiente al ensamblado cerrado. Ambos períodos son recomendados por el fabricante del adhesivo.

Las uniones de canto pueden ser: de tope o machihembradas. La unión de tope se utiliza en tableros alistonados y para formar el alma de las placas de carpintero, sistema que también se emplea cuando los listones se unen por las caras en piezas con escuadrías rectangulares. Mientras que los tableros ensamblados, generalmente formado por listones con sección rectangular, son unidos por los cantos por machimbres de distintos tipos: recto, curvo o cola de milano.



El prensado se realiza en prensas estacionarias de alimentación automática longitudinal o transversal; o en prensas de rotación motorizada para fabricar desde 3 a 16 tableros simultáneamente, con medidas útiles de prensado de 2500 x 1300 mm. Dotadas generalmente de 6 cilindros neumáticos verticales por cara y 3 cilindros neumáticos horizontales por cara. Teniendo la prensa para 3 tableros simultáneos, una producción aproximada en 8 horas de 250 m² de tablero.

El tiempo de prensado dependerá de la temperatura de fraguado de las líneas de cola, del tipo de adhesivo usado y de la especie de madera, entre otros factores como la temperatura ambiente y la humedad relativa.

Una vez que el tablero ha sido removido de las prensas debe quedar inmóvil por un período determinado, antes que se realice su procesamiento final. Este período se denomina “tiempo de maduración”.

La resistencia total no se logra durante el período de prensado. El adhesivo necesita un período de tiempo para desarrollar la resistencia de la unión, por lo cual es conveniente dejarlo un tiempo en reposo, a una temperatura adecuada.

El tablero, una vez extraído de la prensa, debe ser formateado con un corte transversal al eje de los listones, realizado con sierras circulares de escaso diámetro.

Posteriormente pasan por la lijadora para darle la terminación a las caras del tablero. En este proceso se logra: eliminar la cola que ha salido por las líneas de cola durante el prensado, dejar una superficie totalmente lisa que permita acabados superficiales de calidad y darle el espesor definitivo al tablero.

Según la calidad de superficie buscada, puede pasar por una lijadora de banda, por una máquina que realice dos lijados, uno perpendicular a otro o lijado en cruz, con dos lijadoras de banda; y, en terminaciones de altísima calidad, se puede lijar en máquinas de tres bandas con la banda central cruzada con respecto a las otras dos y de distinta granulometría entre la primera y tercera lija.

Todos los elementos de madera encolados requieren de un tiempo de reposo para que terminen de fraguar los adhesivos, por lo que no es recomendable su uso inmediato. El tiempo de maduración dependerá del tipo de adhesivo, de la temperatura del ambiente donde se lo ha almacenado, pudiendo tener una duración de una semana.

El almacenamiento debe hacerse con separadores colocados a no más de 60 cm uno de otros, para separar un tablero de otro y armado sobre un pallets. Se sunchan y,

luego de la maduración se pueden cubrir con un polietileno para una mejor protección de los tableros. El almacenamiento nunca debe hacerse al aire libre o en tinglados solamente, deben almacenarse en locales cerrados, limpios y secos con temperaturas que no excedan los 20 °C.

5. PRINCIPALES USOS DE LOS TABLEROS ALISTONADOS

Los principales usos de los tableros alistados los encuentran en tres rubros de alto consumo de productos de madera:

- a- En la construcción: empleado para divisorias, encofrados o formando parte de pasamanos, barandas y escalones de escaleras.
- b- En mueblería: formando parte de tableros de mesas y escritorios, laterales de escritorios o la totalidad de mobiliarios para habitación, comedor y living. También se lo emplea en mobiliario de oficinas tales como escritorios, bibliotecas, entre los más importantes.
- c- En artículos de bricolage: es un rubro de gran consumo de madera, donde los tableros alistados se emplean en marquetería, muebles medianos y pequeños, estanterías, habitaciones de niños en muebles y juguetes.

6. TABLERO DE LISTONES ENCHAPADO Y PLACA DE CARPINTERO

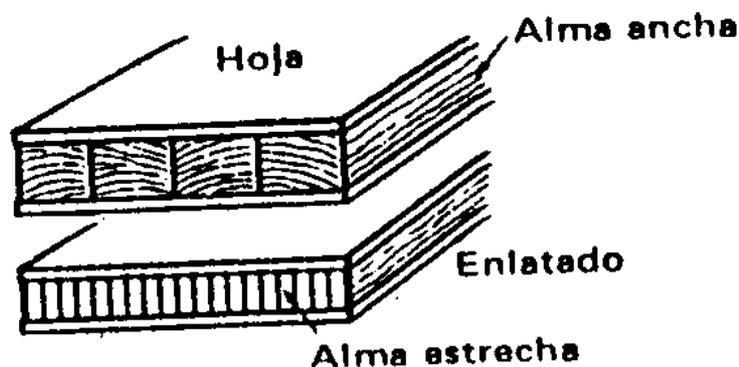
Son tableros formados por un alma de listones aserrados, no saneados, de longitudes iguales o diferentes, encolados o no entre sí. El alma está cubierta por una o más chapas encoladas a ella en contramalla, que constituyen las caras.

En los tableros de listones enchapados el objetivo de las chapas en la cara y contratara es solamente decorativo.

En las placas de carpintero las cara y la contratara están formadas por dos láminas encoladas con sus fibras cruzadas una con respecto a la otra y además cruzadas con respecto a las fibra de los listones que forman el alma, de manera que, además de mejorar el aspecto del tablero, compensan los esfuerzos diferenciales de la madera y generan un producto mucho más robusto que el tablero de listones simplemente enchapado.

El alma puede ser de listones anchos unidos por sus cantos o de listones angostos unidos por sus caras.

Las especies más usadas en su fabricación son: pino ellioti, pino taeda, pino paraná, paraíso, cedro, caoba, nogal, laurel, eucalyptus y alamo. Para el alma de listones se utiliza madera de pinos, álamos o eucaliptos de baja calidad estética y las chapas decorativas son generalmente, obtenidas de especies valiosas y por faqueado.



7. FABRICACIÓN DE LA PLACA DE CARPINTERO

El proceso de fabricación de un tablero o placa de carpintero puede sintetizarse según el siguiente esquema de producción:

- ✓ **LISTÓN ASERRADO**
- ✓ CLASIFICACIÓN DE LISTONES
- ✓ CEPILLADO DE CARAS Y CANTOS
- ✓ ENCOLADO DE CANTOS O CARAS
- ✓ PRENSADO EN FRÍO
- ✓ LIJADO DE LAS CARAS DEL TABLERO
- ✓ **TABLERO DE LISTONES ASERRADOS**
- ✓ **CHAPAS Y LAMINAS SECAS**
- ✓ ENCOLADO EN LAS DOS CARAS DE LAS LÁMINAS EN CONTACTO CON EL TABLERO
- ✓ ARMADO DEL TABLERO, EN EL SIGUIENTE ORDEN:
 - 1° - CHAPA DECORATIVA DE LA CONTRATARA
 - 2° - PRIMER LÁMINA ENCOLADA, CON LAS FIBRAS PERPENDICULARES A LA CHAPA ANTERIOR
 - 3° - TABLERO DE LISTONES CON SU EJE PRINCIPAL PERPENDICULAR A LA LÁMINA ENCOLADA
 - 4° - SEGUNDA LÁMINA ENCOLADA, CON LAS FIBRAS EN IGUAL DIRECCIÓN QUE LA PRIMER LÁMINA ENCOLADA
 - 5° - CHAPA DECORATIVA DE LA CARA, DE LA MEJOR CALIDAD, CON LAS FIBRAS EN IGUAL DIRECCIÓN QUE LA CHAPA DE LA CONTRACARA
- ✓ PRENSADO EN FRÍO O CALIENTE (SEGÚN TECNOLOGÍA Y TIPO DE COLA)
- ✓ ESCUADRADO (CON SIERRAS CIRCULARES DOBLES, EN LOS CUATRO CANTOS)
- ✓ LIJADO DE LA CARA Y CONTRACARA
- ✓ **TABLERO DE LISTONES ENCHAPADO**

8. UNIÓN DENTADA O FINGER JOINT

La técnica de uniones dentadas tiene entre sus principales aplicaciones el ensamblado de extremos de maderas, el cual constituye actualmente un medio de gran potencial para mejorar el rendimiento de la materia prima en la industria del aserrado y elaboración de la madera, pues permite valorizar piezas cortas de escaso valor o revalorizar piezas de tamaño comercial de baja calidad.

Muy variados y diversos son los factores que intervienen en la calidad final de un unión, refiriéndose ellos, en general, a aspectos relativos a las características de la madera y del adhesivo, al diseño de los dientes y al proceso de elaboración.

En el caso de ensamblado longitudinal en extremo, el propósito de la unión es obtener piezas de mayor longitud. Existen muchas otras aplicaciones como son el ensamblado de piezas en ángulo para la fabricación de cercas con piezas macizas o la fabricación de pórticos a partir de vigas multilaminadas rectas, también se está utilizando en la estructuración de tableros de chapas laminadas o LVL.

El creciente interés generado a nivel mundial por el ensamblado longitudinal mediante unión dentada, se justifica en que permite obtener piezas de grandes longitudes que pueden ser cortadas al largo deseado, a partir de elementos cortos, provenientes de piezas de madera de bajo valor comercial o de material de desecho de la industria de elaboración. El producto resultante se presenta libre de defectos y posee una muy buena estabilidad dimensional.

El ensamblado longitudinal en extremos, usando la técnica de unión dentada, puede ser empleado para obtener piezas a ser utilizadas con diferentes propósitos, clasificándose en dos grandes grupos según el nivel de la carga a que van a ser sometidos en servicio, a saber: usos no estructurales y usos estructurales.

Para usos no estructurales, los elementos solo requieren una resistencia suficiente para su manipulación y maquinado, en cambio en elementos estructurales, el aspecto que prima es la resistencia mecánica que ofrece la unión a la acción de sollicitaciones importantes.

8.1. Aspectos básicos

La unión dentada está formada por una serie de dientes equidistantes de forma trapezoidal, dispuestos en los extremos de cada una de las piezas a ensamblar. La unión dentada se define a través de las siguientes características geométricas:

L = longitud

p = separación entre dos dientes consecutivos, denominado paso del diente

e = espesor del extremo del diente

a = pendiente del flanco del diente

S = juego en el fondo del diente (separación entre piezas)

H = ancho total del ensamble

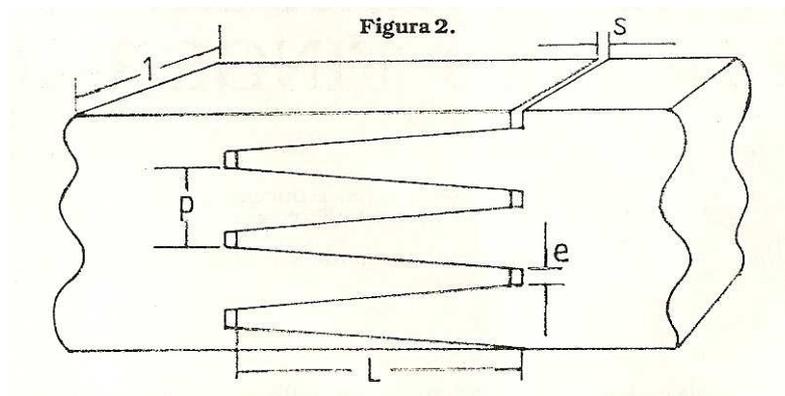
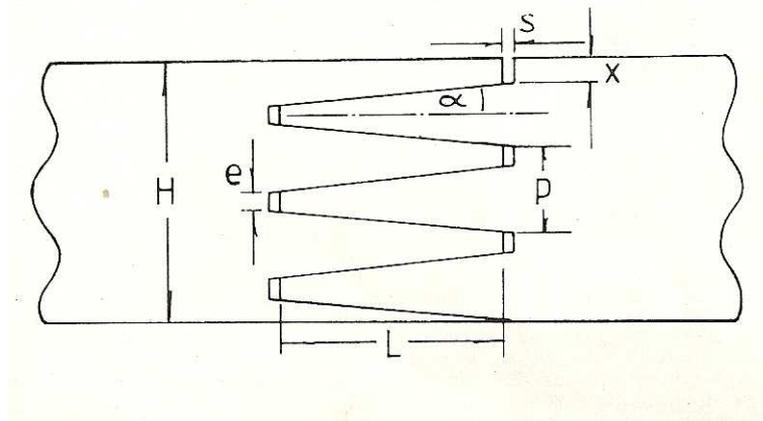
X = espesor de la junta de bisel lateral

Se pueden definir dos relaciones:

J = juego relativo del diente (S/L)

V = grado de debilitamiento (e/p)

Fig. 1 Forma geométrica de los dientes



8.2. Largo del diente

Según el largo adoptado se distinguen tres tipos de dientes:

- Diente múltiple clásico o diente largo (finger joint)
- Mini diente o diente corto (mini finger Joint)
- Micro diente (impresión finger joint)

Diente múltiple clásico o diente largo (finger joint). Las resistencias mecánicas de estas uniones se encuentran limitadas por las presiones de ensamble, debido a riesgo de fisuras en el fondo del diente a causa de la inducción de tensiones de clivaje. Además existe la propensión a que los dientes exteriores tiendan a separarse, lo que obliga en ciertos casos a ejercer una presión lateral al momento de ensamblar. La norma alemana DIN 68-140 admite largos de dientes de 40 a 60 mm para ensambles sometidos a cargas elevadas, de 25 a 35 mm para cargas bajas y de 15 a 20 mm para empleos no estructurales.

Mini diente o diente corto (mini finger Joint). En los dientes tradicionales los extremos representan zonas de menor resistencia, debido al mal encolado de la madera de tope. Como es difícil obtener dientes largos de aristas vivas, surgió la idea de realizar dientes de baja longitud o minidientes, con largos de 7,5 a 15 mm. Estos minidientes

presentan las siguientes ventajas respecto a los primeros: economía de madera en largo y ancho, mayor resistencia mecánica de la unión, mayor facilidad de manipulación recién ensamblada (sin recurrir a calentamiento) y eliminación de empallado. Son los dientes de mayor difusión actualmente.

Micro diente (impresión finger joint). Este tipo de diente se generó pensando en suprimir completamente el espesor del extremo del diente, de modo de obtener resistencias equivalentes a las uniones de bisel. El microdiente se obtiene por operación de matrizado. Las piezas son ensambladas contra una matriz que presenta dientes muy cortos (5 mm) con presiones del orden de los 200 kg/cm², lo que limita este método a maderas de baja densidad y de secciones pequeñas. Al utilizar una matriz caliente es posible ensamblar madera húmeda, obteniéndose bajo la acción conjunta del calor y la humedad sobre la lignina de la madera, un efecto de densificación de las superficies a encolar. Con microdientes se obtienen uniones de alta resistencia mecánica, muy superiores a las obtenidas con dientes clásicos.

8.3. Factores inherentes a la madera

El **contenido de humedad** que debe tener la madera está determinado por el tipo de adhesivo que se utilizará y el destino final que se le dará a la madera ensamblada.

Es necesario que la madera tenga una humedad lo más próxima posible a la que corresponda a sus condiciones de servicio. Se debe evitar además, que existan diferencias muy importantes de humedad entre las dos piezas a ensamblar, aceptándose como máximo un 5 % para evitar que se produzcan contracciones diferenciales muy importantes.

Para los adhesivos tradicionales de madera los contenidos de humedad óptimos se sitúan entre el 8 y el 12 %, no debiendo exceder en ningún caso el 18 %. Sin embargo, han sido obtenidos resultados satisfactorios para humedades del 30 % usando colas aminoplásticas y resina epóxicas. Existen métodos de ensamblado con madera verde que no se aplican en el país.

El comportamiento mecánico de la pieza ensamblada depende tanto de la resistencia mecánica de la unión como de la madera. Las propiedades mecánicas de la madera están estrechamente ligadas a su **densidad**. De acuerdo con esto, en el caso de una unión bien ejecutada se puede llegar a la situación que la pieza ensamblada se comporte como una madera compacta sin unión, tendiendo a fallar en la madera, fuera del ensamble. En este caso, resulta entonces que la densidad de la madera es la condicionante de la resistencia mecánica del elemento.

A nivel de la unión, la densidad de la madera influye en cierta medida en las propiedades del encolabilidad y en las presiones admisibles de ensamblado. En la fabricación de microdientes, la densidad de la madera es un factor limitante tanto en el tamaño como en la forma del diente.

La **inclinación o pendiente de las fibras** respecto del plano de la cola y entre los elementos encolados tiene influencia tanto en las propiedades de adhesión de las superficies como en la resistencia mecánica de los dientes.

En pino radiata se ha encontrado que la adherencia tiende a disminuir a medida que el ángulo entre las fibras de los elementos encolados aumenta. Se encontró también que el ángulo de las fibras respecto al plano de la cola crea tensiones secundarias que se manifiestan como esfuerzos cortantes que tienden a producir fractura a lo largo de las fibras y esfuerzos normales que producen tracción en dirección normal a éstas.

Respecto a la **orientación de los anillos**, su mayor influencia se refleja en las propiedades de adhesión de la unión. En efecto, la adhesión es función de la naturaleza y porosidad de la superficie de la madera. Según sea la orientación de los anillos la superficie a encolar puede presentar distintas características que serán determinadas según la disposición relativa de los elementos anatómicos (vasos, fibras y radios leñosos en latifoliadas; traqueidas longitudinales y radiales en coníferas).

8.4. Factores de fabricación

La correcta **formación del perfil de los dientes** interviene significativamente en la eficiencia de la unión dentada. El perfil del diente se obtiene generalmente mediante fresado. Un requisito importante en la confección de una unión dentada de alta calidad es lograr mantener el diseño de la unión durante toda la producción.

Para un buen acabado del diente, las herramientas deben estar bien afiladas. La falta de filo hace que las superficies resulten ligeramente quemadas por el calor de frotamiento, no permitiendo una buena adherencia de la cola. Además, las herramientas sin filo arrancan el tejido celular, volviendo el encolado menos rígido.

El **encolado** debe efectuarse, dentro de lo posible, inmediatamente después del maquinado a fin de evitar las deformaciones de los dientes, que se pueden producir a causa de tensiones internas liberadas o bien producto de contracciones de la madera. La norma alemana establece que para usos estructurales el intervalo de tiempo entre la confección y el encolado no puede sobrepasar las 24 horas.

Para ejecutar uniones de alta resistencia es necesario obtener una alta calidad de encolado, sobre la superficie de los dientes. Para ello, los principios de adhesión deben ser observados cuidadosamente. Estos son básicamente los mismos para cualquier adhesivo y deben cumplir las siguientes condiciones:

- deben ser superficies lisas, secas, limpias y sin daño superficial;
- la cantidad de cola debe ser suficiente para obtener una película continua en la interfase de la junta;
- el adhesivo debe mojar químicamente ambas superficies a encolar, para la atracción molecular entre sustrato y adhesivo, el solvente debe tener la misma polaridad del sustrato;
- se debe evitar la presencia de resina en la superficie de los dientes, puesto que interfiere en el proceso de adhesión;
- las superficies deben estar en íntimo contacto y mantenerse así durante el curado.

El nivel de **presión** durante el encolado juega un papel importante en la resistencia final de la unión, especialmente en el caso de minidientes cuando se proporciona calor adicional a la línea de cola. Es necesario considerar la resistencia mecánica de la unión bajo dos aspectos: la resistencia mecánica inicial y la final.

Una propiedad importante de los ensamblados de dientes múltiples es su capacidad de autoapriete. Se explica este fenómeno por una deformación elasto plástica de la superficie de los dientes cuando éstos son comprimidos con una presión elevada. Para un tipo de cola dada, se constata que la resistencia inicial de la unión varía aproximadamente en forma lineal en función de la presión de cierre longitudinal.

En uniones con minidientes se puede obtener una resistencia mecánica inicial elevada, a condición que sean ensamblados con fuertes presiones (100 kg/cm^2), lo que es posible, puesto que el riesgo de clivaje es menor para este tipo de diente.

La resistencia mecánica final de la unión está determinada por la calidad del encolado de los flancos de los dientes, donde interviene en forma preponderante la presión ejercida sobre dichas superficies, al momento de cierre del ensamble.

Para dientes largos las presiones ideales están entre 30 y 40 kg/cm^2 , para evitar fisuras por efecto del clivaje en el fondo del diente. Para dientes cortos las presiones pueden aumentar entre 60 y 80 kg/cm^2 . Puede ser necesario un prensado lateral si el largo del diente excede los 25 mm , en este caso se utilizan presiones de 20 y 30 kg/cm^2 para coníferas y latifoliadas, respectivamente.

El tiempo de presión tiene una duración media entre 10 y 20 segundos, pudiendo ser menor cuando se trabaja con temperaturas elevadas.