



INDUSTRIA DE TABLEROS DE PARTÍCULAS

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

INDICE DE CONTENIDOS

1.	INTRODUCCIÓN	3
1.1.	Definiciones.....	3
1.2.	Historia	3
2.	MATERIAS PRIMAS LEÑOSAS.....	4
2.1.	Características de la Materia Prima Leñosa	4
2.2.	Origen de la Materia Prima Leñosa.....	5
3.	SISTEMAS PRODUCTIVOS.....	6
3.1.	Proceso Discontinuo o por Prensado Plano	6
3.2.	Proceso Continuo o por Extrusión.....	7
3.3.	Diagrama de Flujo (<i>Lay out</i>)	7
4.	ESQUEMAS DEL PROCESO DE FABRICACIÓN	17
5.	MATERIAS PRIMAS NO LEÑOSAS.....	18
5.1.	Adhesivos	18
5.2.	Extensores o Extendedores.....	20
5.3.	Catalizadores y Retardantes.....	21
5.4.	Otros Componentes	21
6.	CLASIFICACIÓN DE TABLEROS DE PARTÍCULAS	21
6.1.	Según el Adhesivo Empleado.....	21
6.2.	Según la Densidad del Tablero	21
6.3.	Según el Tamaño de las Partículas	22
6.4.	Según el Proceso de Fabricación	23
6.5.	Según la Uniformidad de las Partículas en el Tablero.....	23
6.6.	Según la Presentación del Tablero.....	23
7.	CONTROL DE CALIDAD.....	24
7.1.	Ensayos Físicos.....	24
7.2.	Ensayos Mecánicos.....	25
7.3.	Comportamiento al fuego	26
8.	USOS.....	26
9.	TIPOS DE TABLEROS DE PARTICULAS.....	27
9.1.	PB – Particle Board - Tablero de partículas de densidad media - Aglomerados comunes.....	27
9.2.	Tablero de partículas de baja densidad – Aislantes	27
9.3.	HDP – High Density Particleboard – Tablero de partículas duros o de alta densidad 27	
9.4.	OSB – Oriented Strand Board – Tablero de partículas anchas orientadas	27
9.5.	WB – Wafer Board – Tablero de partículas anchas sin orientación.....	28
9.6.	Tablero de partículas alveolar.....	28
9.7.	Tablero de partículas extrusionado.....	28
9.8.	OSL – Oriented Strand Lumber – Madera de virutas orientadas	28
9.9.	PSL – Parallel Strand Lumber – Madera de virutas paralelas – Parallam.....	29
10.	VENTAJAS DE LOS TABLEROS DE PARTÍCULAS	29

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Definiciones

Se designa con el nombre de **tablero de partículas o tablero aglomerado** al producto elaborado en forma de tablas de medidas variables, compuesto de partículas de madera unidas entre sí mediante resinas sintéticas termoendurecibles u otros aditivos.

Según la norma IRAM 11.532 los tableros de partículas son aquellos “elementos fabricados con partículas u otros materiales lignocelulósicos, aglomerados con agentes orgánicos y con el concurso de uno o más de los siguientes agentes: calor, presión, humedad, catalizador, etc.”.

Los tableros que se fabrican con partículas de madera y se usan en aplicaciones estructurales son productos poco conocidos. Se fabrican con partículas de madera como son las hojuelas, astillas y viruta, las cuales se combinan con resinas sintéticas u otro tipo de adhesivo; la mezcla formada se coloca entre planchas (moldes) a temperaturas altas para prensarla y aumentar la densidad del producto. Las temperaturas altas en el prensado sirven para acelerar el endurecimiento (curado) de los adhesivos. Las partículas se pueden colocar de cierta manera con el fin de darle alguna orientación a las propiedades de resistencia de los tableros, tal como se hace con los contrachapados. El objetivo de la fabricación de este tipo de tableros es lograr un producto a base de pequeñas partículas unidas con un adhesivo, que tenga características físicas semejantes o superiores a las de piezas de madera maciza y tableros contrachapados aunque no de igual densidad, hechos de la misma especie. Sin embargo, los tableros con igual densidad que la madera de la que provienen sus partículas tienen una resistencia mecánica menor que la de la madera, pero cuentan con características similares en todos los otros aspectos. Si bien no sufren alabeos como la madera sólida o la contrachapada generalmente son menos resistentes a la humedad.

1.2. Historia

Las primeras patentes para la fabricación de tableros de partículas se registraron a fines del siglo XIX, pero no fue sino hasta 1941 cuando en Alemania y Suiza se instalaron las primeras fábricas, que produjeron tableros para muebles. Inmediatamente después de la Segunda Guerra Mundial, la fabricación de este tipo de tableros se incrementó notablemente y se extendió a diversos países. El principal factor que permitió el rápido desarrollo de esta industria fue la aparición de los adhesivos termofijos como el urea-formaldehído y el fenol-formaldehído.

Este proceso industrial fue creado a fin de darle una utilidad integral al árbol, puesto que se estima que tan sólo el 32 % de él se aprovecha cuando se industrializa como madera aserrada y el 35 % cuando con él se fabrican láminas de madera. Al consumir madera fina, ramas y recortes en la Industria de Tableros de Partículas se obtienen rendimientos elevados, que pueden llegar al 90 %, como en el caso de utilizar corteza. Cabe aclarar que el rendimiento es igual al cociente entre el volumen de producto sobre el volumen de materia prima consumido para producirlo, expresado en porcentaje.

Esta industria procesa, en general, madera sin valor para el aserrado, de pequeños diámetros o defectuosa, pudiendo complementarse con la industria del aserrado para lograr un mejor aprovechamiento de la materia prima, por ejemplo, los rollizos de 15 cm. de diámetro o más tendrán destino de aserrado, mientras que los menores de 15 cm. tendrán destino de tableros de partículas.

2. MATERIAS PRIMAS LEÑOSAS

2.1. Características de la Materia Prima Leñosa

La materia prima es el factor más importante en el proceso productivo, ya que es la materia básica y a diferencia del tablero de fibra de alta densidad por proceso en húmedo (*hardboard*), en estos paneles se puede aprovechar prácticamente cualquier madera, ya sea sola o mezclada, siempre que sus propiedades de color, dureza o densidad no resulten inconvenientes.

En el panel, la madera está representada por partículas de tamaño y forma variables dentro de ciertos límites, de acuerdo con el tipo de tablero que se quiera producir.

En cuanto a la forma y tamaño de las partículas y su relación con el panel, se pueden producir dos tipos de paneles: homogéneo y heterogéneo. En el primero interviene un solo tipo de partículas y en el segundo dos.

La tendencia es hacia el consumo de madera blanda o semidura cuyas partículas sean de forma alargada, del grosor mínimo y del mayor tamaño posible, ya que requieren menor consumo de resina y generan mejores propiedades a igual densidad del aglomerado.

Sin embargo las partículas excesivamente largas producen una superficie poco lisa y lo mismo ocurre con partículas muy gruesas. Este inconveniente fue solucionado al producirse los tableros sándwich donde las partículas gruesas forman el alma y las más finas la cara y contracara del tablero. Un ejemplo sería el siguiente:

Ubicación en el Tablero	Longitud Media	Espesor Medio	Ancho
Partículas Exteriores	12,7 mm	0,150 mm	de 2 a 4 mm
Partículas Interiores	19,0 mm	0,30 mm	de 1 a 4 mm

Los tableros de partículas se fabrican sometiendo a presión y calor las partículas de madera previamente rociadas con una resina sintética. Las partículas que pueden usarse son residuos de otros procesos productivos como viruta de cepillos, recortes de chapa, astillas de aserraderos, así como productos preparados con maquinaria especial como filamentos, hojuelas o tiras de madera.

A continuación se listan los principales tipos de partículas usadas para la fabricación de tableros:

Acepilladura ("shaving"): Partícula pequeña de madera de dimensiones variables producida cuando se cepilla madera. Su grueso es variable y con frecuencia está retorcida.

Hojuela ("flake"): Partícula pequeña de madera de dimensiones predeterminadas fabricada con equipo especializado. Su grueso es uniforme y tiene la orientación de las fibras paralela a las caras.

Oblea ("wafer"): Similar a las hojuelas en forma, pero más grande. Por lo regular su largo es mayor de 2.25 cm y su grueso, mayor de 0.06 cm. Los extremos pueden estar ahusados.

Astilla ("chip"): Pieza astillada, de un fragmento de madera, mediante una cuchilla como las usadas para formar astillas para la producción de pulpa para papel.

Aserrín ("sawdust"): Pequeñas piezas de madera producidas al aserrar la madera.

Hebra ("strand"): Una acepilladura de gran longitud, pero plana con superficies paralelas.

Tira ("sliver"): Piezas de sección transversal casi cuadrada con una longitud de por lo menos cuatro veces su grueso.

Lana de madera ("wood wool"): Tiras delgadas y largas, con frecuencia retorcidas, que se usan también como relleno para empacar artículos frágiles. También se le conoce como "excelsior".

En los últimos años, la industria de los tableros de partículas ha venido ampliando de manera significativa el tipo de materia prima, incluyendo residuos de calidad inferior, como la corteza y el polvo producido por el lijado. También se han comenzado a mezclar especies maderables de coníferas y de latifoliadas de densidades diferentes.

Los tableros pueden tener de 3 a 5 capas con partículas de distinto grueso dispuestas de modo que las capas con las partículas de mayor grueso queden al centro y las que tienen las partículas más finas queden en las caras. De esta manera se mejora la resistencia mecánica y la apariencia de los tableros.

También es posible controlar en cierta medida la orientación de las partículas en las diferentes capas, obteniendo de esta forma tableros de gran resistencia mecánica que pueden ser usados para fines estructurales. Se cuida mucho la calidad de las superficies de los tableros, cuando se usan para fabricar muebles o cuando se recubren con pintura, plástico o papel, ya que la superficie del tablero deberá contener en su mayoría partículas pequeñas para lograr un buen acabado.

Las partículas para los tableros pueden producirse a partir de troncos enteros o de residuos. Son muchas las especies que se utilizan, pero suelen preferirse las que son de baja densidad. La partícula ideal en cuanto a resistencia mecánica y estabilidad dimensional, es una hojuela delgada de grueso uniforme con una alta relación largo - espesor. Sin embargo, este tipo de partículas es difícil de producir. En la práctica las partículas varían en tamaño de 1.25 a 2.25 cm de largo y de 0.025 a 0.038 cm de espesor. A veces su tamaño se reduce al de unas cuantas fibras unidas entre sí

2.2. Origen de la Materia Prima Leñosa

Según el tipo y origen de las partículas, se fabrican dos tipos de paneles:

- a) Compuesto de aserrín o viruta, provenientes de aserraderos (woodwaste board), con volumen de producción muy reducido.
- b) Compuestos por partículas producidas por el triturado de rollizos (wood chips board), que constituyen la mayor producción actual por la eficiencia en el proceso y calidad en el producto, ya que se consigue un tablero más uniforme.

Aparte de los residuos industriales, en nuestro país podemos encontrar otras cuatro fuentes de abastecimiento de materia prima:

- a) Provenientes de Selvas Subtropicales: están constituidas por varias especies de diferentes densidades, colores y durezas. Las maderas duras y semiduras pueden utilizarse en la industria del aserrado y las blandas y semiblandas para el triturado.

Naturalmente, no pueden emplearse todas las especies mezcladas sino que habrá que realizar una selección sobre la base de sus características tecnológicas y abundancia a fin de asegurar el abastecimiento de una planta. Teniendo en cuenta estos conceptos se pueden considerar adecuados los laureles (*Nectandra lanceolata* y *N. saligna*) y fumo bravo (*Solanum aericulatum*) de la Selva Misionera; los laureles (*Phoebe phorphyria* y *Ocotea puberula*) y el aliso de cerro (*Alnus jorullensis*) de la Selva Tucumana –Boliviana.

- a) Provenientes de los Bosques Subantárticos. Por sus características tecnológicas similares, su color rosado uniforme, abundancia y densidades adecuadas (entre 560 y 670 Kg/m³), las especies más recomendadas serían el guindo (*Nothofagus betuloides*), la lenga (*N. pumilio*) y el coihue (*N. dombeyi*).

b) Provenientes de bosques de cultivo. Las Salicáceas son particularmente convenientes para la elaboración de tableros, siendo Italia el país que comenzó a utilizarlas en la fabricación de homogéneos y heterogéneos de tres capas. Sus características favorables son su densidad apropiada (400 Kg/m^3 al 15 % de contenido de humedad) textura fina, grano derecho, alto contenido de humedad en estado verde lo que facilita la producción de astillas de buena calidad, porcentaje de corteza relativamente bajo en ejemplares jóvenes permitiendo, en algunos casos, utilizarlos sin descortezar, reduciendo costos.

Lo ideal sería el empleo de rollizos de 15 cm de diámetro o menos, fáciles de obtener y de costo más bajo, permitiendo la integración industrial que posibilitaría la utilización de madera gruesa en cajonería y aserrado en general y la fina en triturado para celulosa y tableros de partículas.

Los Eucaliptos también constituyen una materia prima apta, con una densidad de 600 a 800 Kg/m^3 al 15 % de contenido de humedad por lo que requieren mayor fuerza motriz en el triturado que las Salicáceas. Se utilizan eucaliptos colorados (*E. camaldulensis* y *E. tereticornis*) en el norte de la provincia de Buenos Aires y Santa Fe y eucaliptos blancos (*E. viminalis*, *E. globulus*) en las provincias de Buenos Aires, Santa Fé, Córdoba y La Pampa y *E. grandis* de las provincias de Entre Ríos y Corrientes.

d) Provenientes del Monte pampeano-puntano. De esta región se están utilizando para la fabricación de tableros (tipo Guillermina) varias especies de *Prosopis*, especies de madera dura y cuya densidad es de 800 Kg/m^3 al 12-15 % de contenido de humedad. Estas especies por su tortuosidad se utilizan para piezas de aserrado no muy grandes, en cambio, para tableros se pueden emplear ramas y troncos que no serían aptos para la industria del aserrado.

De estas cuatro fuentes de materia prima, en la actualidad se están utilizando especies cultivadas de álamos y eucaliptos blancos.

3. SISTEMAS PRODUCTIVOS

Esencialmente se producen tableros de partículas de madera por dos procesos:

- a) Por prensado en dirección normal a las caras del panel o por prensado plano o proceso discontinuo.
- b) Por prensado en la dirección del plano de formación del panel o extrusión o proceso continuo.

En términos generales los procesos son similares, la gran diferencia radica en el sistema de prensado empleado para la aglomeración de las partículas y el fraguado de los adhesivos.

3.1. Proceso Discontinuo o por Prensado Plano

El proceso discontinuo o por prensado plano emplea una prensa hidráulica de un solo plato o multiplatos, que prensa simultáneamente un número variable de tableros de acuerdo al tamaño de la misma. El prensado se realiza acompañado por temperaturas de 100 a 150 °C y un medio ácido aportado por las mismas partículas de madera.

Como consecuencia del prensado se produce un tablero cuyas partículas están orientadas en forma paralela a las caras del mismo, formando un producto de alta resistencia a la flexión, cuando sus caras son sometidas a una fuerza permanente.

El ancho y el largo del tablero están limitados por el tamaño de los platos de la prensa hidráulica.

Estos productos presentan una superficie suave y sin imperfecciones pudiendo usarse descubiertos o revestidos con chapas de madera vistosas u otros productos de papel embebidos en resinas sintéticas.

Su interior es compacto y homogéneo (partículas del mismo tamaño) por lo que resulta apto en el maquinado para cortes netos. También se fabrican tableros heterogéneos o sándwich con partículas más pequeñas en la cara y contracara que le dan mejor terminación superficial y partículas más anchas en el centro o alma del tablero que permite un menor consumo de adhesivo que los homogéneos de igual densidad. Su estructura permite el clavado y atornillado de caras.

3.2. Proceso Continuo o por Extrusión

En el proceso continuo o por extrusión se emplea un prensado continuo donde la mayor parte de las partículas se ubican con su eje perpendicular a las caras del tablero.

En el prensado es necesario el agregado de algún producto que acidifique el medio, pues el fraguado de las colas se produce en medio ácido, que no alcanzan a dárselo las partículas de madera, como ocurre en el prensado plano, porque tienen un pasaje muy rápido por la prensa. Además debe agregarse algún producto catalizador para acelerar el proceso de polimerización de los adhesivos.

Con este proceso se obtiene un producto de alta resistencia a la compresión perpendicular a las caras. Generalmente es necesario revestirlos, pues la superficie de las caras no tiene buena terminación para su uso descubierto.

Sólo es posible la producción de tableros homogéneos, es decir, con partículas de igual tamaño.

El proceso productivo limita el ancho del tablero. Su longitud puede ser variable a lo largo del proceso de acuerdo a los requerimientos del mercado. Los espesores generalmente son mayores a 20 mm.

Cualquiera sea el proceso seguido para el moldeo del tablero, hay operaciones comunes a ambos procedimientos:

3.3. Diagrama de Flujo (*Lay out*)

- ✓ PLAYA DE TROZAS
- ✓ HUMECTACIÓN
- ✓ DESCORTEZADO
- ✓ ASTILLADO
- ✓ SILO HÚMEDO
- ✓ MOLINO REFINADOR
- ✓ SECADO
- ✓ CLASIFICACIÓN
- ✓ ENCOLADO
- ✓ SILO SECO Y FORMACIÓN DEL MANTO
- ✓ PRE-PRENSADO
- ✓ PRENSADO
- ✓ REPOSO O MADURACIÓN
- ✓ ACABADO
- ✓ ALMACENAMIENTO

PLAYA DE TROZAS

En las fábricas actuales se trabaja principalmente con madera rolliza proveniente de monte de cultivo. Para ello se planifica un espacio físico de trozas tal que pueda satisfacer los requerimientos máximos del establecimiento.

La playa de trozas consiste en el lugar ocupado por pilas de rollizos, caminos cortafuegos y caminos de circulación entre las pilas para abastecerlas de trozas y retirarlas de ellas mediante cargadores frontales.

La superficie debe ser consolidada, libre de malezas y tener la pendiente necesaria para el escurrimiento rápido del agua de lluvia y la fácil circulación de la maquinaria por los caminos.

Máquinas utilizadas:

Cargadores frontales: Para el transporte de trozas dentro de la playa de rollizos, descarga de camiones y movimiento de las trozas desde las pilas hacia la plataforma de carga de la descortezadora o de la chipeadora en los casos en que no se descortece.

Tractores: Se emplean tractores agrícolas convencionales modificados de 50 a 75 HP de potencia. Son equipos muy versátiles y rápidos, requieren que el terreno esté compactado para su mejor rendimiento.

Grúas sobre camiones: Sobre los camiones que transportan la madera se instalan grúas, manejadas a través de comandos hidráulicos desde la cabina del camión, que sirven para cargar los rollizos en el monte y descargarlos en la playa de la industria.

Plumas: Son equipos de gran magnitud, instalados en forma fija sobre el terreno, que tienen una buena productividad pero deficiente versatilidad.

HUMECTACIÓN

Es un proceso previo al descortezado, cuyo objetivo es el debilitamiento de las uniones entre la madera y la corteza por hidratación. Puede realizarse o no. Consiste en la humectación de los rollizos por inmersión o por aspersión, en este último caso se hacen pasar los rollizos por una serie de picos aspersores para humectarlos.

Equipos utilizados

Aspersores: Los rociadores o aspersores deben estar distribuidos en forma conveniente en los sectores de acopio. El consumo total de agua depende de la superficie de la playa de trozas, del consumo horario de agua, del número de aspersiones diarias, todo relacionado con la evaporación, a su vez variable con la zona, época del año y condiciones microclimáticas. El agua proviene de fuentes subterráneas o de espejos de agua y el equipo consta de una motobomba, mangueras, aspersores y llaves de paso.

DESCORTEZADO

No siempre se realiza. El objetivo del mismo es eliminar la corteza que durante el proceso de astillado se convierte en un polvo muy fino que aumenta el consumo de colas en la cementación del tablero.

Las máquinas descortezadoras pueden ser de anillo mecánico o de tambor. Los residuos de este proceso son quemados en las calderas para generar energía. Las cortezas constituyen un residuo del proceso que debe eliminarse. Las coníferas siempre se descortezan

porque tienen un gran volumen de corteza que no admite el proceso. Los eucaliptos y las salicáceas generalmente no se descortezan, porque tienen una corteza muy fina y parte se pierde en los procesos anteriores al astillado y otra parte es admitida por el proceso, éste admite hasta un 15% de corteza, dependiendo del tipo de tablero que se esté fabricando.

Máquinas utilizadas

Descortezador de anillo mecánico: En este equipo, la troza es introducida en él y es centrada por el sistema de alimentación mediante rodillos frontales, alimentando de esta forma al rotor. El rotor contiene los elementos de corte o cuchillas, las cuales giran fijas a éste. Las fuerzas de corte son tales que la capa de cambium se rompe y la corteza se desprende de la madera. Como la troza avanza axialmente, al mismo tiempo las cuchillas describen una trayectoria en espiral. En el lado de descarga de la máquina, los rodillos traseros de alimentación, mantienen centrada a la troza mientras ésta es expulsada. Estos equipos tienen potencias de descortezado que van desde los 20 a 75 HP, potencia de alimentación de 5.5 a 12 HP, de 5 a 8 cuchillas en el rotor y pueden descortezar madera en el rango de 5 cm. hasta 1 metro de diámetro.

Descortezador de tambor: Este es un equipo muy eficiente para grandes volúmenes de madera. Es un tambor preparado con perfiles de hierro, hacia la parte interior del mismo quedan aristas vivas, cuando el rollizo con corteza entra en el tambor, éste gira y la corteza se va desprendiendo por los golpes entre sí y contra las aristas vivas. El tambor tiene de 2 a 3 metros de diámetro y una longitud de 20-30 metros; su eje longitudinal está inclinado y a medida que el rollizo va recorriendo ese eje se va descortezando. La corteza cae por gravedad a través de las aberturas que tiene el tambor, ésta luego es comprimida y secada para ser utilizada como combustible.

ASTILLADO

Preparación de partículas. Este paso se inicia con el recorte de la materia prima a usar, cualquiera que ésta sea. Así, las trozas, una vez descortezadas y recortadas se convierten en astillas y éstas, a su vez, se convierten en hojuelas. Las partículas resultantes de la madera cepillada se deben recortar para obtener el tamaño deseado y así reducir su variación. Dado que se prefiere tener partículas con superficies lisas, entonces conviene usar máquinas que tengan cuchillas y que corten la materia prima, en vez de aquéllas que rajan o muelen las piezas.

Se realiza con astilladoras de cuchillas montadas sobre discos y/o cilindros de diversos tipos. Su función es transformar los rollizos en astillas de largo, ancho y espesor determinados. Regulando la saliente de la cuchilla y la velocidad de giro de la máquina, se regula el espesor de las partículas.

El elemento activo de las astilladoras es el conjunto de cuchillas que trituran los rollos u otras piezas de madera tales como ramas gruesas, costaneros, despuntes y cantos provenientes de la industria del aserrado.

Máquinas utilizadas

Astillador de disco: Está compuesto por una carcasa de acero que contiene un gran disco rotativo, también de acero, en el cual se montan en forma radial de 2 a 15 cuchillas ajustables. La madera se alimenta a través de una boca o canal, de modo que choque contra el disco en un ángulo de 45°, para que rápidamente sea convertido en astillas de dimensiones variables. Produce astillas de buena calidad debido al corte inclinado y a la fácil graduación

de la forma y tamaño de la astilla que se quiera producir, con escaso daño de las fibras. El disco tiene un diámetro variable entre 1.3 y 3 metros y la potencia varía entre 100 HP (chipeado de ramas, costaneros y despuntes) y 1500 HP para rollizos de densidad elevada.

Astillador de tambor: Este equipo consta de un cilindro o tambor, donde se montan normalmente 4 cuchillas en posición tangencial. La madera es llevada hacia el rotor a través de una boca de entrada. Una contracuchilla, ubicada cerca del límite de giro del tambor, da la posición a la madera y fija el tamaño de las astillas.

SILO HÚMEDO

Son silos horizontales de poca altura, provistos de dispositivos reguladores de altura, dosificación y almacenamiento para el suministro continuo de partículas al molino.

Equipo utilizado

Silo: Es un tambor vertical de gran diámetro con respecto a la altura, abierto en la parte superior, donde se almacenan las astillas recién chipeadas.

MOLINO REFINADOR

Tiene como función romper las partículas anchas, en lo posible en sentido paralelo a la fibra, sin producir partículas muy finas.

Consta de un rotor con martillos pendientes que, por fuerza centrífuga, toman una posición perpendicular al eje de giro, mientras las partículas chocan contra una pared de chapa perforada.

El suministro constante, las perforaciones efectuadas en las chapas, la humedad de las astillas y la velocidad de extracción de las mismas, son factores que influyen directamente sobre la uniformidad de las partículas y esto, a su vez, sobre la calidad del tablero fabricado.

Equipos utilizados

Refinador de discos: Es un equipo compuesto por dos discos colocados sobre un eje, uno está fijo sobre el eje y el otro puede variar su posición sobre él. Los discos giran a gran velocidad produciendo la rotura de las astillas, preferentemente por su eje longitudinal, no afectando su largo.

Refinador de martillos: Un rotor vertical contiene martillos que son pendientes mientras el equipo no funciona, cuando comienza a funcionar el rotor, los martillos se colocan en posición horizontal debido a las fuerzas centrífugas que se generan. Las astillas son cargadas en el equipo que está cubierto por un tambor con aberturas, estas astillas son refinadas por los golpes contra la chapa del tambor.

SECADO DE LAS PARTICULAS

Actualmente se usan dos tipos principales de equipo para secar las partículas: las secadoras de tambor y las de tubo, de las cuales las primeras son las más comunes.

Las partículas recorren 1, 2 ó 3 veces la longitud de la secadora antes de ser descargadas. La temperatura en la zona por donde pasan puede alcanzar hasta 870 °C cuando las partículas están muy húmedas, pero para partículas más secas se usan temperaturas cercanas a los 260 °C.

Aunque el contenido de humedad (CH) final del tablero es por lo regular alrededor del 10 %, las partículas se deben secar a contenidos de humedad inferiores a este valor, para tomar en cuenta el aumento en CH debido al agua proveniente del adhesivo. Así, el CH usual de las partículas al salir de la secadora está entre un 3 y 4%.

Un exceso de CH en las partículas puede causar la formación de "ampollas" en el tablero, mientras que si la humedad es insuficiente, puede ocurrir un fraguado prematuro de la resina, lo que conduce a un pegado deficiente, dando como resultado un tablero con baja resistencia mecánica y superficies de poca calidad.

Las partículas pueden contener una humedad muy variable pudiendo ser superior al 40 % (sobre todo en Salicáceas provenientes del Delta).

Mediante el proceso de secado se elimina el exceso de agua contenido en las partículas de madera. El método más económico es suministrando aire a la temperatura más elevada posible.

El secado llega a ser peligroso en momentos en que los dispositivos y medidas de seguridad no están de acuerdo con las temperaturas a las que se trabaja.

La madera arde bajo la influencia de la temperatura, el oxígeno y el tiempo de evaporación o gasificación de los elementos volátiles, que posteriormente se inflaman.

Las temperaturas críticas se denominan:

- a) Punto de inflamación, que se caracteriza por la inflamación de los gases desprendidos por el calentamiento bajo la acción de una causa extraña a los mismos.
- b) Punto de combustión, se caracteriza por la combustión mantenida por si misma una vez producida la primera inflamación.
- c) Punto de autoinflamación, se alcanza en el instante en que el producto se inflama sin necesidad de una acción externa.

En los tres puntos es necesaria la presencia de oxígeno dependiendo de varios factores que actúan simultáneamente: especie de madera, resinas, forma geométrica, condiciones energéticas, condiciones atmosféricas y tiempo.

La descomposición térmica de la madera empieza a temperaturas relativamente bajas, a los 150 °C comienzan las reacciones exotérmicas, alcanzándose el punto de inflamación alrededor de los 220 °C.

La industria de tableros de partículas trabaja, por regla general, con partículas de madera cuyo grosor oscila entre décimas de mm y 3 mm. Antes de encolarlas hay que secarlas hasta llegar del 1 al 3 % de humedad, dependiendo esto del equipo.

El agua eliminada es absorbida por el medio gaseoso secante. Este proceso corresponde al de evaporación y la partícula que contiene agua, tiene una temperatura inferior al punto de ebullición de esta. Por ello, la fuente suministradora de calor puede mantener a lo largo del secado una temperatura bastante más elevada que las partículas de madera. Por lo tanto los secadores de partículas trabajan a temperaturas superiores al punto de inflamación de las especies utilizadas.

Desde el punto de vista de la fuente de calor se distinguen los siguientes tipos de secaderos:

- 1) Calentamiento indirecto por agua, vapor o aceite térmico. La energía necesaria para el secado se comunica indirectamente a las partículas de madera, por ejemplo mediante radiadores, mientras que el agente secante gaseoso tiene la misión de evacuar el agua vaporizada, máximo 150°C.
- 2) Calentamiento directo mediante instalaciones de aceite, gases u otros combustibles, por ejemplo hogares combinados con polvo de madera. La transmisión del calor se hace directamente mediante el flujo de gases, máximo 280°C.

3) Combinación de calentamiento directo e indirecto. El calentamiento principal se hace indirectamente ayudado por un calentamiento suplementario directo mediante un agente secante gaseoso. La energía de secado es suministrada directamente de gases de humo o de intercambiadores térmicos, máximo 170°C.

En los tres casos la cantidad de agua eliminada de las partículas, en forma de vapor, reduce el contenido de oxígeno del medio secante.

Por razones de seguridad contra los incendios, las instalaciones de secado deberán estar técnicamente separadas unas de otras.

En el proyecto de la instalación se debe vigilar que se garantice una continuidad en la alimentación del secadero. Esta continuidad se refiere tanto a la cantidad como a la calidad del material húmedo, es decir, a las variaciones de la cantidad, humedad y naturaleza de la materia prima. La evacuación de las partículas secas debe ser continua.

En la instalación del secado la magnitud de la temperatura constituye el factor que debe vigilarse cuidadosamente, ya que es su magnitud que determina el rendimiento de la instalación.

Desde el punto de vista de incendios la temperatura, el contenido de oxígeno del fluido de secado y la permanencia de las partículas en el secadero, es decir, la duración de la acción de la temperatura y el oxígeno, se encuentran en una estrecha relación.

El contenido de oxígeno del agente secante depende de la acción del gas inerte y se reduce debido al desprendimiento de vapor de agua procedente de las partículas.

Cuanto más activa sea la acción del gas inerte, mayor la humedad inicial de las partículas y menor la permanencia de las partículas en el secadero, más elevada puede ser la temperatura que se emplee en el secadero.

Tomando en cuenta todas estas consideraciones, para una disminución del contenido de humedad entre el 1 y 3 %, según el tipo de secado, no se deben sobrepasar las siguientes temperaturas:

- | | |
|---|-------------|
| a) Para secaderos de calentamiento indirecto..... | máx. 150 °C |
| b) Para secaderos de calentamiento directo..... | máx. 280 °C |
| c) Para secaderos de calefacción combinada..... | máx. 170 °C |

Para la cámara de secado debe existir un mecanismo de detección rápida del fuego que forme parte de la seguridad de la instalación, este mecanismo debe estar incluido en el sistema eléctrico principal.

Además de los pirómetros, la instalación de secado debe estar equipada con termómetros para controlar la temperatura en la entrada y salida de la cámara. Estos deben poseer ajuste de energía calorífica para que, en el caso que las temperaturas superen las máximas establecidas, pongan automáticamente en acción los mecanismos de extinción.

Equipos utilizados

Secadero continuo. Las astillas son cargadas por un extremo de un tambor horizontal. Dentro del tambor van variando las condiciones, desde el primer sector con mayor humedad relativa y temperatura ambiente hasta el sector final con baja humedad relativa y altas temperaturas, por este extremo son descargadas las partículas secas (1-3% de contenido de humedad). El tambor puede estar fijo y en su interior tiene paletas para hacer circular las astillas del sector más húmedo al más seco y para que no se acumulen en la parte inferior. Otros tambores además están montados sobre cadenas y van girando a medida que se produce el secado, logrando secados más uniformes de las astillas.

CLASIFICACIÓN DE LAS PARTICULAS

Separación de partículas por tamaño. Una vez secas, las partículas se tamizan para remover el polvo y para separarlas por tamaño, de tal manera que las más pequeñas se pueden usar para las superficies y las más grandes para los centros de los tableros. Si el polvo no es retirado, tiende a absorber gran cantidad de resina reduciendo así la resistencia mecánica del panel.

Esta etapa tiene por objeto separar las partículas por su tamaño:

- a) Las más finas son eliminadas del sistema, puesto que hacen aumentar las superficies que van a estar en contacto con los adhesivos, incrementando, en consecuencia, el consumo de estos.
- b) Las de mayor tamaño vuelven al molino de martillos para sufrir un posterior desdoblamiento.
- c) Las partículas de tamaño óptimo para formar el tablero (en el tablero heterogéneo, triple o sandwich) a su vez se separan: las más gruesas formarán el alma o centro del tablero (menor consumo de adhesivos) y las más finas formarán la cara y contracara del tablero (mayor consumo de adhesivo pero mejor terminación del tablero).

La clasificación se realiza por cribado, por zarandas con movimientos discontinuos o por ventilación.

Equipos utilizados

Zarandas: Son mallas con distintos tamaños de aberturas y montados sobre un sistema que les proporciona un movimiento discontinuo. Las zarandas están colocadas unas sobre otras con distintos tamaño de malla, el mayor tamaño arriba y el menor en la parte inferior. Las astillas que pasan por todas las mallas son enviadas directamente a la caldera para generar energía. Las astillas que no pasan por la zaranda de mayor abertura son enviadas a los refinadores para ser redimensionadas.

Soplado: La clasificación se hace mediante chorros de aire, en este caso se separan las astillas por peso, ya que las más livianas quedan en el sector más alejado y las más pesadas, que deberán ser refinadas, quedan en el sector más cercano a la fuente de aire.

ENCOLADO

Mezclado de partículas y adhesivo. Los principales adhesivos sintéticos que se utilizan para la fabricación de los tableros son urea-formaldehído y fenol-formaldehído, que son solubles en agua. Ambos han sido mejorados con base en investigaciones recientes de tal modo que ahora resultan ser menos contaminantes del aire e incluso se ha logrado reducir sus tiempos de fraguado.

Los tableros de partículas tienen una mayor resistencia mecánica mientras mayor sea la cantidad de resina que se utilice en su fabricación, sin embargo, por razones económicas no conviene utilizar resina en mayor cantidad que la estrictamente necesaria para la obtención de tableros con las propiedades que se requieren; generalmente, el consumo de adhesivos se encuentra entre 2,5 y 10 % del peso del tablero. Se realiza mediante encoladoras que suministran las resinas a las partículas según la dosificación previamente estipulada y las mezclan en sectores separados, por un lado las partículas que formarán el alma del tablero y por el otro las partículas que formarán la cara y la contracara.

Equipos utilizados

Encoladoras: Son tambores horizontales con paletas que reciben por un lado las astillas secas y por otro la cantidad estipulada del adhesivo, mezclándolos de manera que todas las partículas hayan sido embebidas con la cola.

SILO SECO Y FORMACIÓN DEL MANTO

Formación del colchón. Antes del proceso de prensado de los tableros, las capas de partículas de madera cubiertas con gotas de pegamento se van colocando una sobre otra, de modo tal que se distribuyen en forma de colchón sobre una banda sin fin, con un grosor lo más uniforme posible. En años recientes se han desarrollado máquinas formadoras de colchones en las que las partículas son transportadas por medio de aire, el cual es impulsado por ventiladores, logrando que el colchón de partículas tenga la uniformidad en grosor que se requiere. Estas máquinas tienen la particularidad de orientar perpendicularmente las partículas de las capas de las superficies respecto de las partículas colocadas en la capa central, formando así los tableros de tres capas cuyo uso es cada vez más aceptado.

Las partículas clasificadas y encoladas pasan al silo seco donde se almacenan. Los silos secos están provistos de dosificadores y básculas sensibles.

Los dosificadores entregan una capa de partículas finas, luego una capa de partículas gruesas y finalmente, otra de partículas finas, a medida que pasa por una cinta sinfín y se va formando el manto que será el futuro tablero.

Las capas se ubican sobre una bandeja o chapa que se encuentra sobre una cinta sinfín y ésta la deposita (chapa y partículas) en la prensa hidráulica.

Equipo utilizado

Silo: Este silo es un tambor vertical de gran diámetro que a diferencia del silo húmedo, está cerrado. Otra diferencia con el silo húmedo es la presencia de básculas para controlar la cantidad de mezcla de astillas y adhesivos. También está equipado con dosificadores colocados arriba de la cinta formadora del manto. La mezcla de astillas y cola es bombeada a estos dosificadores desde el interior del silo seco.

PRE-PRENSADO

Preprensado. En las plantas modernas de fabricación de tableros, el colchón de partículas se somete a un proceso de preprensado para evitar el uso de platinas o bandas sin fin para alimentar las prensas y, de esta manera, al haber tenido una consolidación previa, los tableros son fácilmente manejables sin que sufran rupturas durante las etapas finales del proceso de fabricación. Existen equipos de placas para el preprensado que requieren mantener estacionario el colchón mientras se coloca posteriormente en la máquina de prensado final, siendo en esta última donde se consolida el tablero por medio de presión y calor proporcionado mediante vapor, agua caliente o aceite.

Esta etapa tiene por función darle la mayor consistencia y el menor volumen a la mezcla de adhesivo y partículas de distintos tamaños colocados sobre la bandeja, eliminando el aire. Puede hacerse con un plato que se coloca sobre el tablero y sin temperatura o puede realizarse mediante pares de rodillos que cumplen la misma función.

Equipos utilizados

Rodillos: Este equipo consta de un par de rodillos, cada uno con un resorte tensor, que actúan por encima y por debajo del manto, respectivamente. No ejercen gran presión sobre el manto ya que su función sólo es de acomodar las partículas para que entren con comodidad a la prensa.

PRENSADO

Prensado. Las prensas de consolidación final se clasifican en continuas y discontinuas; las primeras se utilizan para la fabricación de tableros delgados, aproximadamente de 3 mm de grosor. El tiempo de prensado varía entre 5 y 8 minutos para tableros de 12 mm de grosor, y de alrededor de 15 minutos para tableros de 19 mm; estos tiempos resultan ser suficientes para que el calor penetre hasta el centro del tablero permitiendo que fragüe el adhesivo. Cabe señalar que la prensa es el equipo más costoso entre todos los que se utilizan en el proceso de fabricación de los tableros de partículas, y es por ello que regularmente se mantienen en operación ininterrumpidamente, y sólo se detienen para los períodos establecidos de mantenimiento.

La cinta transportadora va colocando las bandejas con la mezcla de partículas y aditivos pre-prensado en la prensa hidráulica; la prensa baja y así permite colocar una nueva bandeja, este movimiento se realiza hasta completar la capacidad de la prensa. Una vez depositada la última bandeja comienza el prensado simultáneo, aplicando presión y temperatura.

Equipo utilizado

Prensa de platos calientes: La prensa es una gran estructura con placas o platos que presionan el manto sobre la bandeja donde fueron regados antes del pre-prensado. Los platos son calentados, generalmente con aceite, aunque los hay también con calentamiento mediante agua caliente o vapor de agua. La temperatura de los platos dependerá del adhesivo que se esté usando. La presión de la prensa estará en función de la densidad del tablero que se esté fabricando. La prensa puede ser de un plato o multiplato (entre 7 y 11 platos).

REPOSO

Reacondicionamiento e igualamiento. Una vez que concluye el proceso de prensado, los tableros deben ser retirados inmediatamente, ya que al abrir la prensa las superficies de los tableros pierden humedad rápidamente debido a que las platinas permanecen calientes; esta pérdida de humedad puede propiciar el desarrollo de esfuerzos en los tableros, de modo que el proceso de acabado resulte más complicado e ineficiente.

Los tableros, al ser retirados de la prensa, son almacenados unos sobre otros durante varios días para que se enfríen y se adapten a las condiciones ambientales que los rodean. Esta es una etapa importante en el proceso de fabricación de los tableros ya que al enfriarse gradualmente, su contenido de humedad se distribuye uniformemente en todo su interior, lo cual permite la máxima eficiencia de los adhesivos, al mismo tiempo que se evita que éstos se degraden por exposición prolongada a altas temperaturas.

ACABADO

Acabado. Cuando los tableros se han enfriado y su humedad interior es uniforme y está en equilibrio con los valores de humedad ambientales de la planta de fabricación, pasan a una cinta transportadora que llevará los tableros hasta un par de sierras circulares paralelas que le otorgarán el ancho a la plancha aglomerada. A continuación pasan a otra cinta colocada a 90° con respecto a la anterior, esta lo lleva a un segundo par de sierras circulares paralelas que le van a dar el largo definitivo al tablero. Finalmente el tablero dimensionado pasa por lijadoras de banda de distinta granulometría, de mayor a menor, para darle el grosor final y una buena terminación a las caras del tablero.

En algunas fábricas la operación de acabado incluye la aplicación de pinturas, barnices, chapas de madera, hojas de papel impregnadas con resina fenólica, así como películas de plástico o de vinilo.

Máquinas utilizadas

Sierras circulares dobles de un eje: Está formado por dos sierras circulares de 15 a 25 cm. de diámetro, colocadas sobre un eje, una sierra está fija sobre el eje y la otra tiene desplazamientos laterales para acomodarse al ancho del tablero. Existen dos pares de sierras circulares dobles colocadas a 90° una de otra para darle el ancho y la longitud al tablero.

Lijadora de banda: Son equipos provistos de cintas sinfín de lijas con distinta granulometría, más gruesa al inicio y más fina en la terminación del tablero.

ALMACENAMIENTO

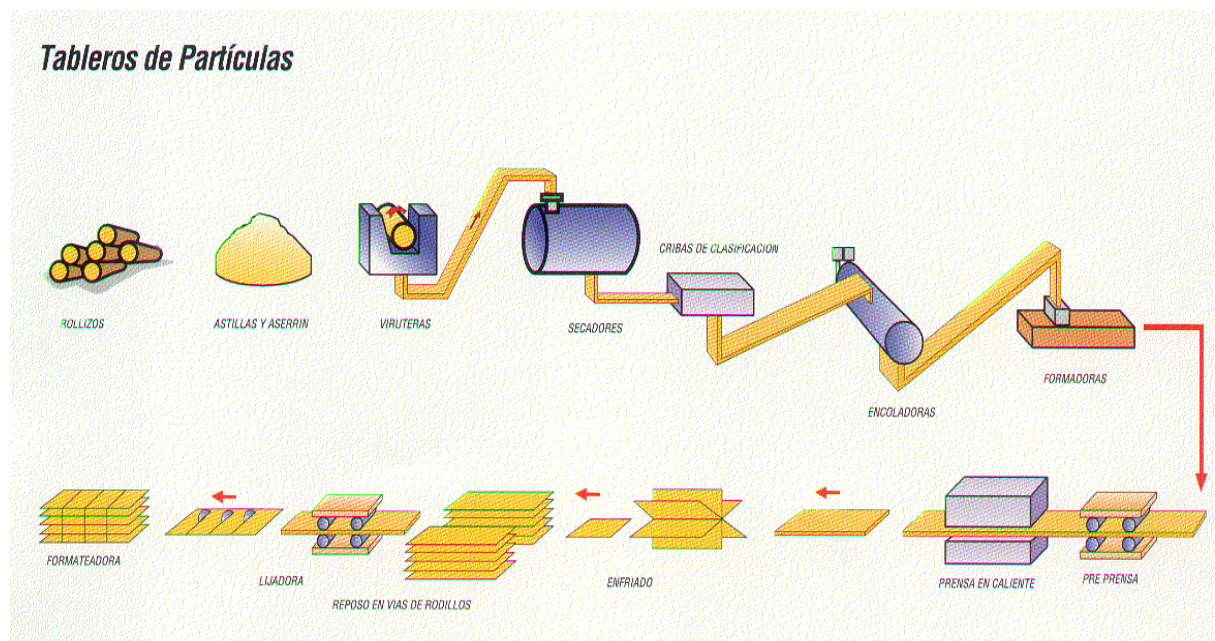
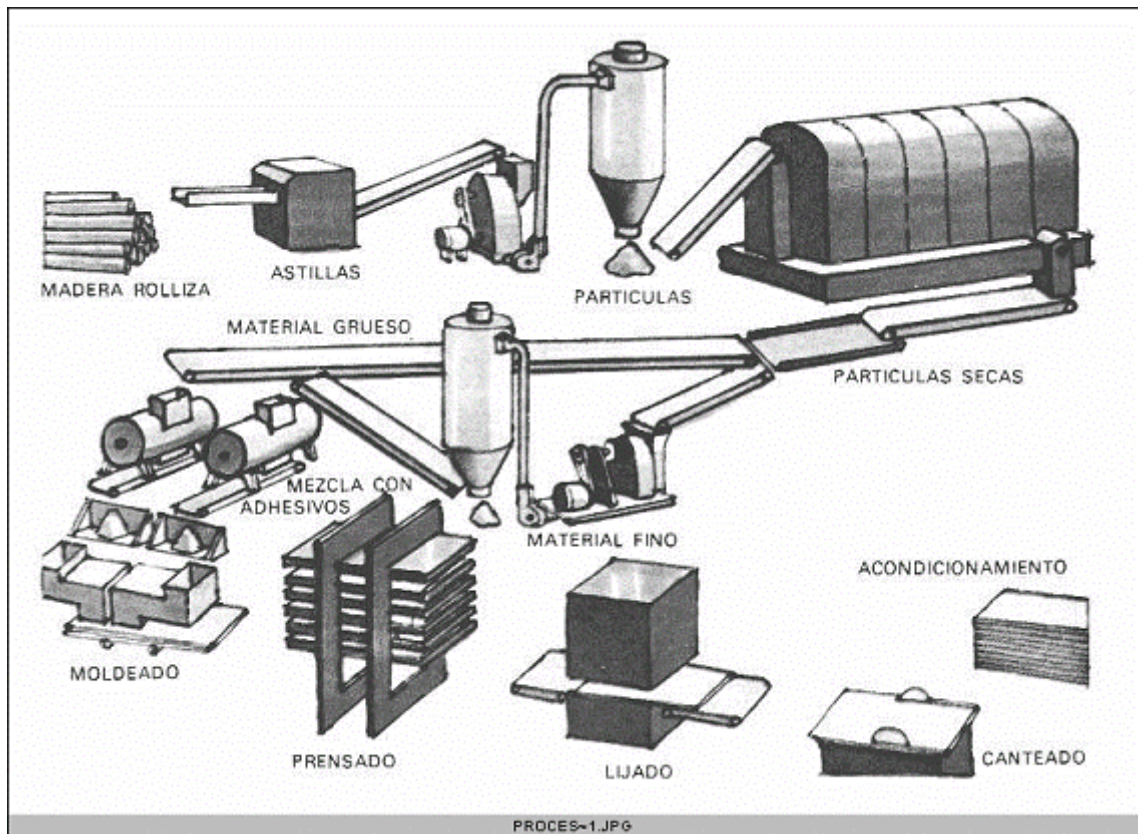
Los tableros se almacenan en tinglados, debiéndose tener en cuenta las condiciones de humedad relativa y temperatura, puesto que es un producto higroscópico y al aumentar su contenido de humedad puede sufrir deterioros. En el almacenamiento también se debe considerar la forma de apilado para evitar deformaciones. Se utilizan cargadores frontales para el manejo de los tableros aglomerados.

El producto terminado tiene un contenido de humedad entre el 6 y el 8% y debe permanecer en reposo por lo menos 48 horas antes de poder ser usado.

Equipos utilizados

Cargadores frontales. Equipos de características similares a los empleados en la playa de trozas, con púas para transportar las pilas de tableros armadas con separadores

4. ESQUEMAS DEL PROCESO DE FABRICACIÓN



5. MATERIAS PRIMAS NO LEÑOSAS

5.1. Adhesivos

Los tableros de partículas están constituidos fundamentalmente por madera y aglutinantes. Pueden utilizarse otras sustancias, como apresto o aditivos especiales, pero carecen de importancia económica.

Los aditivos son uno de los componentes más importantes del costo ya que inciden en alrededor del 50 % del costo total del producto.

En términos generales el aditivo puede definirse como la cola destinada a provocar la aglomeración y pegado de las partículas de madera entre sí. Está constituido en esencia por resinas sintéticas termoendurecibles: urea formaldehído (UF), fenol formaldehído (FF) o melamina formaldehído (MF).

Urea formaldehído: es la resina más comúnmente usada en tableros que serán utilizados en interiores ya que no es muy resistente al agua.

Se fabrica haciendo reaccionar una parte molecular de urea con dos partes de formaldehído en medio ligeramente ácido y concentrado luego aproximadamente a 65 % de contenido sólido.

El producto así obtenido debe mantenerse a temperaturas no superiores a 30 °C a fin de conservar su estabilidad. Las resinas de mejor calidad, a veces, contienen un catalizador que al reaccionar con la acidez de la madera inicia el proceso de fraguado que luego es acelerado por el calor de las prensas.

Cuando las resinas son empleadas en el proceso por extrusión siempre son catalizadas previamente a su entrada a la prensa, ya que siendo en este sistema muy rápido el pasaje de las partículas entre los platos calientes, la acidez de la madera no tiene tiempo como para actuar de catalizador o iniciador del proceso de fraguado. En este caso las resinas también deben poseer la propiedad de liberarse rápidamente del calor de los platos pues, en caso contrario, astillas y resinas se separan formando pliegues y costras en la superficie del tablero.

Fenol formaldehído: es recomendado para tableros que serán utilizados a la intemperie o cuando se requieren altas condiciones de resistencia a la humedad.

Este tipo de adhesivo produce un tablero de mayor resistencia mecánica que el obtenido con urea y por tal razón es utilizado cuando esta propiedad y la resistencia al agua son los factores principales de elección, como es el caso de los tableros de alta densidad o las superficies exteriores de los tableros de tres capas.

El fenol formaldehído presenta el inconveniente de su oscurecimiento que se acentúa con el envejecimiento.

Melamina formaldehído: los dos componentes de esta resina reaccionan en forma parecida a la fabricada con urea. La melamina presenta la ventaja de proveer al tablero una mayor resistencia al calor y también más estabilidad en sus propiedades, lo que prolonga su vida útil. Sin embargo dado que su costo es más elevado y su ciclo de curado más largo, generalmente no se utiliza en la fabricación de tableros aglomerados.

Los adhesivos empleados en la industria de la madera pueden clasificarse en:

- Adhesivos termoendurecedores
- Adhesivos en dispersión
- Adhesivos termofundentes
- Adhesivos solventes

De los cuatro tipos citados, en la industria de los tableros aglomerados, se emplean sólo los adhesivos termoendurecedores.

Se llaman termoendurecedores a aquellos adhesivos que, mediante la acción del calor y de un catalizador, se transforman en una sustancia dura, infundible, con un proceso irreversible.

La formación de la masa dura e infundible corresponde al último paso de la condensación que se inicia en el momento de preparación de la cola.

La resina termoendurecedora, tratada como ligante de la madera, deriva de un proceso de condensación de formaldehído con:

- Urea, para obtener resina ureica
- Melamina, para obtener resina melamínica
- Fenol, para obtener resina fenólica
- Resorcina, para obtener resina resorcinólica

Se define como condensación a un proceso de polimerización que se origina con la eliminación del agua.

La condensación se produce con el desarrollo de un encadenamiento molecular entre los reactivos, dependiendo de condiciones definidas de tiempo, temperatura y pH.

Para llegar a la obtención de sustancias dotadas de capacidad adhesiva, el proceso de condensación se produce hasta un punto determinado que hace que la sustancia producida sea aun soluble y diluible en agua.

El último paso de la condensación tiene lugar, en la práctica, durante el proceso de encolado del mismo y se produce con la ayuda de un catalizador apropiado y mediante el aporte eventual del calor.

La viscosidad del adhesivo aumenta de manera creciente hasta transformarse en una sustancia sólida de modo irreversible.

El encolado con adhesivos termoendurecedores debe ser considerado un encolado de tipo químico, en primer lugar, porque el proceso de encolado se origina mediante un proceso químico de polimerización creciente; en segundo lugar, porque al mismo tiempo se produce un cierto grado de reacción química entre los grupos oxidrilos de la lignina contenida en la madera con los oxidrilos libres de la resina termoendurecedora.

La resina termoendurecedora se presenta en el mercado como:

a) Producto líquido: Es la forma más común de utilización. Consiste en una emulsión líquida con una concentración de resina que varía entre un 50 y un 65 %.

b) Productos en polvo puro: Se obtiene pulverizando en un atomizador una emulsión líquida al 50 %; este producto se expone al aire caliente a 200 – 210 °C para que se evapore el agua y separar así la parte sólida como partículas de fina granulometría. Para su uso se disuelve en agua.

c) Productos en polvo autoendurecedores: Es una forma particular de comercializar la urea formaldehído que contiene ya mezclados el adhesivo, el extendedor y los endurecedores. Estos últimos, cuando se disuelven en agua, reaccionan con el formaldehído libre del adhesivo, liberando ácido. Este es necesario para la polimerización del adhesivo que es acelerado con el agregado de calor.

Las características de las resinas termoendurecedoras son las siguientes:

1. *Reactividad.* Es la velocidad con la cual, en determinadas condiciones, dentro de la fase de encolado pasa al estado sólido de modo irreversible. Se mide determinando en condiciones estándar el tiempo de solidificación definiendo así resinas más lentas y más

veloces. A igual condición de catalizador, a mayor temperatura, mayor reactividad; a igualdad de temperatura, la resina varía en función del tipo de catalizador o endurecedor empleado.

2. *Viscosidad.* Es función de muchos factores como el contenido de sustancia seca, el grado de condensación, la temperatura a la que se le somete, entre otros. Aumenta con el tiempo en función del tipo de resina examinada por polimerización lenta y continua hasta la completa gelatinización de la masa. La viscosidad de las emulsiones ureicas aumenta mucho más rápidamente que la de las fenólicas.

3. *Contenido seco.* Interesa sólo en los adhesivos líquidos, las emulsiones ureicas y melamínicas. Posee un contenido de sustancia seca entre 64 y 66 %. Las fenólicas comúnmente tienen un contenido menor, entre 45 y 55 %.

4. *Formaldehído libre.* Es la característica más importante en los ureicos. Los adhesivos fenólicos tienen un bajo contenido de formaldehído libre. Sin embargo, intervienen endurecedores que contienen paraformaldehído usado como acelerante y por lo tanto el olor a él es mucho más fuerte.

Los adhesivos de bajo contenido de formaldehído libre resultan más lentos que los de alto contenido.

En adhesivos ureicos, para disminuir la liberación de formaldehído se puede agregar soluciones de amoníaco (1 % de la mezcla) o mayor cantidad de urea para alargar la vida útil de la mezcla, pero el tiempo de prensado es a temperaturas más bajas.

El formaldehído, junto al fenol y la urea, es utilizado en la industria de tableros, que en general, requieren un exceso de estos productos en el fraguado. Este excedente, atrapado en el interior del tablero, es liberado paulatinamente al medio, pudiendo acumularse en concentraciones por encima de lo permitido para este tipo de tableros (5 ppm según el Servicio Nacional de Salud de Chile), sobre todo en sectores poco ventilados de viviendas e industrias. Es un gas irritante primario con acción sobre las vías respiratorias superiores, debido a que coagula y endurece las albúminas de la piel y mucosas.

5.2. Extensores o Extendedores

Sustancia que tiene alguna acción adhesiva, pero su principal función es la de extender el adhesivo, se usa sobre todo en tableros enchapados y compensados. El material base es una amido proteína.

Los principales extensores son:

- harina de trigo, el más utilizado,
- harina de soja,
- harina de maíz,
- harinas de batata, lino o centeno, sin poder adhesivo,
- harina de sangre, alta resistencia a la humedad y
- mezcla de aserrín de madera con cáscara de maní triturada y amino batata; tienen alta absorción de agua y por lo tanto baja resistencia a la humedad y al ataque de hongos.

Las funciones del extensor son:

- aumentar la viscosidad,
- aumentar la vida útil del panel y
- bajar el costo

Las desventajas del extensor son:

- baja resistencia al agua
- baja calidad de ligación

5.3. Catalizadores y Retardantes

Su función es acelerar el proceso de curado de la cola para disminuir el tiempo de prensado.

En algunos casos pueden usarse retardadores del proceso de encolado.

5.4. Otros Componentes

Otros componentes son: el agua que funciona como vehículo para que el adhesivo ingrese a la madera, productos derivados del boro que tienen función ignífuga, productos insecticidas y fungicidas (CCA, CCB, Borax) e hidrófobos (ceras y parafina).

6. CLASIFICACIÓN DE TABLEROS DE PARTÍCULAS

6.1. Según el Adhesivo Empleado

Tableros ureicos: Las partículas de madera son aglutinadas con urea formaldehído (UF). Es el producto de mayor difusión pero no resiste cambios grandes de humedad por lo tanto solo puede usarse en interiores.

Tableros fenólicos: Las partículas son unidas con fenol formaldehído (FF). Es de menor difusión. Son más resistentes a los cambios de humedad y pueden llegar a usarse en la intemperie.

6.2. Según la Densidad del Tablero

Teniendo en cuenta su densidad, se clasifican en baja, media y alta densidad que son el resultado de mayores presiones relativas de moldeo respectivamente.

Tablero de baja densidad o aislante: pueden tener valores de 200 a 400 Kg/m³ de densidad. Son los de menor resistencia mecánica, su terminación superficial no es totalmente lisa y la unión entre las partículas es débil. Se emplean como amortiguadores del ruido y del calor; forman parte del alma de estructuras de gran espesor a fin de reducir el peso de las mismas. Se utilizan exclusivamente cubiertos con láminas de madera en forma de placas de carpintería donde sea posible usarlas en el interior de puertas placas, instalaciones comerciales, muebles, tabiques divisorios. Su principal dificultad deriva de la baja resistencia que ofrecen para la fijación de tornillos.

Tablero de densidad media o aglomerado común: son los de mayor difusión y tienen valores de 400 a 800 Kg/m³ o 600 a 800 Kg/m³ de densidad. De fabricación más económica si se tiene en cuenta que a igualdad de capacidad instalada, la inversión requerida en instalaciones es menor que para los otros dos tipos de tableros. Es el producto destinado a reemplazar en gran medida la producción de placas para mueblerías, compensados y madera maciza.

Tableros semiduros, duros y extraduros: se elaboran a partir de partículas pequeñas del tamaño correspondiente al aserrín. Sus densidades van desde 800 a 1150 Kg/m³, aunque para usos muy especiales pueden llegar a 1400 Kg/m³ de densidad. En algunos casos se procede a

tratar una o las dos caras con aceites secantes y calor o calor solamente, obteniéndose un tablero de mayor solidez y resistencia al agua. También se fabrican tableros de 800 Kg/m^3 de densidad con la designación de tableros semiduros. Son aglomerados especiales que permiten usarse como pisos en forma de baldosas grandes o bastón roto.

6.3. Según el Tamaño de las Partículas

Tableros de partículas de tamaños medio: En este grupo se encuentran todos los tableros descriptos en el punto anterior.

Tablero de partículas anchas. Los tableros de virutas anchas en los que tanto la longitud como el ancho de sus elementos leñosos son muy grandes en relación con el espesor. Así, mientras el ancho y largo oscila alrededor de los 50 mm, el espesor es de 0,3 mm a 0,4 mm en los delgados y de 0,8 mm en los gruesos. Su uso lo encuentra en el mercado para tabiques y muros de madera. Se fabrican en tres capas con maderas blandas y semiduras, como álamos y pinos. Emplean entre 2 y 3 % de colas, muy inferior al aglomerado común que utiliza entre 6 y 12 % de adhesivos.

De este tipo de tableros encontramos, a su vez, dos grupos:

- Tableros Delgados (D) o Strand boards (SB)
- Tableros Gruesos (G) o Wafer boards (WB).

Tablero de partículas anchas orientadas (Oriented Strand Board u OSB). Es un panel estructural de astillas de madera, orientadas en forma de capas cruzadas para aumentar su fortaleza y rigidez, unidas entre sí mediante adhesivos químicos aplicados bajo alta presión y temperatura.

La tecnología OSB está basada en la idea de desarrollar un tipo de tablero equivalente al tablero contrachapado tradicional. Permite la fabricación de un producto de tres o más capas (siempre en número impar) de partículas orientadas, aprovechando las características de resistencia y rigidez que poseen las partículas en sentido longitudinal. Las propiedades de resistencia a la flexión, módulo de elasticidad, resistencia a la rotura bajo carga permanente y otras son regulables en función de las necesidades de su uso.

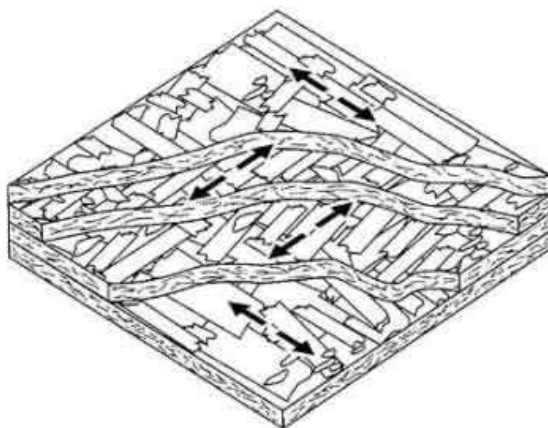
Para la fabricación de estos tableros, la forma y dimensión de las partículas son de gran importancia. El espesor de la partícula debe ser de 0,4 a 0,6 mm según la densidad de la madera. El coeficiente de esbeltez (relación entre longitud y espesor de la partícula) es alrededor de 150, por lo que la longitud varía entre 60 y 90 mm. El ancho se encuentra entre 5 y 12 mm. Para conseguir este tamaño de partículas es conveniente que el astillado de la madera se realice cuando ésta se encuentre por encima del PSF, siendo su valor ideal el 60 % del contenido de humedad, para evitar la producción de partículas demasiado finas.

En el encolado, la cantidad de adhesivo a emplear será siempre menor, pues al aumentar el tamaño de las partículas se disminuye la superficie específica que es la responsable de ponerse en contacto con la cola para su cohesión. El acomodamiento de las partículas se realiza por medios mecánicos (con cintas sinfín) o electrostáticos.

Los más comunes son los tableros de cinco capas, 2 exteriores orientadas en el sentido longitudinal del tablero, 2 intermedias orientadas en sentido transversal al tablero y una capa central o alma de conformación homogénea de partículas sin orientación alguna.

Se emplean en estanterías, pisos, peldaños de escaleras, construcciones de techos y elementos de cierre, embalajes, contenedores, planchas para retención de tierra, armaduras

para casas prefabricadas, revestimiento de tabiques estructurales, vigas doble T y pisos falsos (tarimas). Su densidad es de 750 Kg/m^3 , es decir, es un tablero de densidad media.



Tablero de partículas anchas sin orientación (Wafer Board u WB): En este tablero las virutas no tienen ninguna orientación predeterminada, por lo que la resistencia a flexión es aproximadamente la misma en cualquier dirección del tablero.

6.4. Según el Proceso de Fabricación

Tableros fabricados por prensado plano: Las partículas se ubican paralelas a las caras del tablero y presentan mejores valores de resistencia a la flexión estática y buena terminación superficial.

Tableros fabricados por extrusión: Las partículas se ubican perpendiculares a las caras del tablero y presentan mejores valores de compresión perpendicular a las caras del tablero, pero no tienen buena terminación superficial, por lo tanto se usan recubiertos.

6.5. Según la Uniformidad de las Partículas en el Tablero

Tableros homogéneos o simples: El tablero está formado por partículas del mismo tamaño, estos tableros se pueden fabricar por prensado plano y son los únicos posibles de ser fabricados por extrusión.

Tableros heterogéneos, triples o sandwich: Estos tableros están formados por dos tamaños de partículas, en la cara y en la contracara tienen partículas de menor dimensión que las que forman el alma. La separación por tamaño se hace en la clasificación y se encolan por separado porque las partículas más pequeñas consumen mayor cantidad de adhesivo que las que forman parte del centro del tablero. Así se consiguen superficies de mejor calidad y con un menor consumo de cola que los tableros homogéneos y de similares características mecánicas que ellos.

6.6. Según la Presentación del Tablero

Los distintos tipos de paneles se pueden presentar en tres grados comerciales, según sea la terminación de sus superficies.

Tablero Descubierto: Se ven las partículas que en conjunto le dan a las superficies aspecto agradable y original apariencia. Pueden usarse lustrados o pintados. Su uso principal es remplazar las placas de carpintería y puede ser directamente enchapado.

Superficies cubiertas: Con papel tipo Kraft no absorbente, embebido con resinas sintéticas y adherido al tablero con calor. Pueden ser de un solo color (blanco, negro, verde, natural) o imitar el color y diseño de una madera (roble, cedro, guindo).

Superficies cubiertas con láminas delgadas de madera: Generalmente son chapas de madera de 0,8 a 1 mm de espesor, de una especie cuya madera tiene un buen diseño decorativo (roble, caoba, etc). Es apropiado para la fabricación directa de muebles, divisiones, instalaciones comerciales.

7. CONTROL DE CALIDAD

7.1. Ensayos Físicos

Contenido de humedad: El contenido de humedad es un factor sumamente importante. Un tablero de partículas puede tener una chapa de madera o laminado plástico cuyo comportamiento es distinto al del núcleo y en casi todas las partes el comportamiento del núcleo será distinto al de las chapas o laminado plástico que puede llegar a recubrirlo. Es decir que es un conjunto de componentes moviéndose, dilatándose y contrayéndose en forma y velocidades diferentes. Además diferentes productos tienen contenidos de humedad distintos a una misma humedad relativa ambiente.

El alabeo o combado del material es un riesgo cuando el contenido de humedad cambia en forma despareja, por ejemplo, si el acabado de la superficie es bueno, y retarda la absorción o pérdida de humedad pero no sucede lo mismo con la superficie inferior que no ha sido terminada de la misma manera, la parte inferior se dilatará y contraerá en forma diferenciada con la superficie superior y será causa de alabeos.

Por lo expuesto anteriormente se debe tratar que todos los componentes del panel se hallen en equilibrio, con la misma humedad antes del enchapado. La humedad de equilibrio será la que el panel tendrá en uso.

Si el panel se ha curvado los cambios en el contenido de humedad ya se han producido. El contenido de humedad después del alabeo será equilibrado ya que era antes de producirse el defecto cuando era diferente. El control de calidad requiere que el contenido de humedad se tome en el momento del enchapado.

Cuando los cambios de contenido de humedad no pueden remediarse, una gruesa capa superficial resistente al vapor y la humedad y una construcción balanceada asegurarán una contracción lenta y pareja con bajo riesgo de alabeo.

El laminado plástico o la chapa de madera al despegarse deja expuesto un defecto del núcleo que rechaza al adhesivo. Puede ser porque la superficie del núcleo estaba sucia con polvo o porque había sido almacenada durante demasiado tiempo. Siempre se debe lijar la superficie del núcleo antes del laminado, como máximo el día anterior. Otra posible causa de poca adhesión es que la superficie del tablero haya sido encerada para retardar la absorción de humedad o para evitar manchas de fábrica.

Suele suceder que el enchapado o laminado se desprenda si hay una excesiva cantidad de humedad en el núcleo. Cuando se aplica calor durante el proceso de laminado, la humedad contenida en el núcleo se convierte en vapor y este hace que se desprenda la chapa de la cara. Se soluciona disminuyendo el contenido de humedad y prolongando el procesado para permitir que el adhesivo se consolide en la prensa.

La superficie se agrieta o cuartea causado por la reapertura de viejas grietas o rajaduras después que la superficie de la pieza ha sido terminada o cuando la superficie se contrae y agrieta la capa de acabado. En el primer caso el tinte y otros productos que se usan para el acabado se pueden ver dentro de las grietas. La solución es mantener seco el enchapado y usar un terminado durable y de buen espesor.

La aparición en la superficie lustrosa de imperfecciones provenientes del núcleo (acebolladuras o protuberancias), es causada por un núcleo irregular o porque el núcleo, después de haber sido lijado, ha absorbido o perdido humedad produciendo imperfecciones. La solución es el control de la humedad.

En el caso de enchapados muy delgados es posible que el pegamento se filtre a través del enchapado apareciendo en la superficie. Las maderas de textura gruesa como el roble, son más propensas a sufrir este problema que las de textura fina como el álamo. Una forma de corregir este defecto es extender el pegamento tanto como sea posible. En casos difíciles el uso del enchapado más grueso o adhesivo que formen una película seca puede ser necesario.

Muchos materiales aglomerados tienen baja retención de herrajes. Si es necesario se debe aumentar la profundidad de penetración del herraje o usar tarugos de madera maciza.

Densidad aparente: La densidad aparente del tablero se determina de la misma forma que en madera maciza, es decir, con cubos de 20 mm de lado, a los cuales se los pesa y se les calcula el volumen.

7.2. Ensayos Mecánicos

Ensayos de tracción perpendicular a las caras: La resistencia a la tracción perpendicular a las caras es una propiedad que nos aporta información directa acerca de la fuerza de adhesión entre las partículas de madera y el agente encolante. Esta resistencia es un indicador de la calidad del tablero ya que nos informa acerca de su capacidad para actuar como un conjunto sólido y compacto en distintas condiciones. Conjuntamente con los módulos de rotura y de elasticidad a la flexión forma parte del mecanismo empleado para el control de calidad de la producción. El método más normal consiste en encolar tacos de madera o metálicos a las caras de las probetas del tablero y efectuar la tracción a través de ellos.

Ensayos de resistencia: Los ensayos de resistencia tienen como función determinar los siguientes parámetros:

- Coeficiente o Módulo de Elasticidad: es la resistencia del núcleo a la deflexión o curvatura cuando se le aplica una carga, las caras del panel controlarán la rigidez mejor que el núcleo.
- Módulo de Resistencia: mide la capacidad de resistir a la ruptura o curvatura bajo cargas de corta duración, por lo general esta fuerza se reflejará en el contenido de resina de un tablero compuesto o en la densidad general del panel.
- Deformación progresiva o cedencia elástica: es una deflexión del material que depende del tiempo en que debe soportar una carga, si se produce una deformación progresiva o cedencia elástica el material continuará cediendo o curvándose aun cuando el peso de la carga no aumente, por lo general el material de la cara, por sus propiedades, controlará mejor la deflexión que el núcleo, cabe señalar que la madera maciza tiene poca cedencia elástica.
- Resistencia al impacto: es la capacidad de soportar el daño producido por un impacto o choque de una carga al caer sobre el material.
- Dureza de la superficie: mide la dureza de una superficie para revertir las muescas o melladuras, frecuentemente, las superficies más duras tienen mayor densidad y son más difíciles de ser encoladas al material para las caras.
- Resistencia a la abrasión: es la medida de la resistencia de un material a la erosión o desgaste causado por otro material.
- Cohesión interna: es la capacidad de un material compuesto para sobrellevar esfuerzos de tracción perpendiculares a sus superficies, es decir, de una fuerza que trata de separar sus caras. Es un indicador de la fuerza de unión de sus partículas entre sí.

7.3. Comportamiento al fuego

Resistencia al fuego: Tiene por objeto medir la resistencia al fuego de la madera o sus productos derivados, tratados o no con productos ignífugos. La resistencia al fuego de un elemento viene dado por el tiempo, en minutos, durante el cual dicho elemento es capaz de cumplir su función tal y como se emplea en la construcción, al ser atacado por el fuego.

Lo expresado se considera en función de cuatro criterios:

1. Estabilidad mecánica
2. Estanqueidad a las llamas
3. Ausencia de gases inflamables
4. Aislamiento térmico

De acuerdo a esto se establecen categorías de resistencia al fuego.

Reacción al fuego: Tiene por objeto determinar el alimento que un material puede aportar al fuego y al desarrollo del incendio, permitiendo apreciar el riesgo que existe. Es por lo tanto un índice de la capacidad del material para favorecer el desarrollo del incendio.

8. USOS

Los tableros aglomerados encuentran usos en la industria del mueble, en forma integral o complementaria de piezas y parte de muebles, en la construcción: entablonados de techos y pisos; revestimientos de interiores: cielorrasos, tabiques y muros exteriores; puertas, paramentos verticales, paneles, y en general, en proyectos completos de viviendas.

Si bien la resistencia de estos paneles de la mejor procedencia, es inferior al de la madera usada comúnmente en la construcción, debe considerarse que en ellos la resistencia es uniforme en todas sus direcciones, no ocurriendo así con la madera (anisotrópica) que se ve superada por los aglomerados si en la comparación se usan valores de su resistencia en sentido normal a las fibras.

Por su grado de inflamabilidad este material debe ser considerado de “baja inflamabilidad” en lo que respecta a la propagación de la llama, es decir que es equivalente a las maderas comunes de construcción (maderas duras y semiduras).

Esta resistencia se mejora con la incorporación en el panel de productos químicos como el bórax o fosfato de amonio, ácido bórico, cloruro de zinc, etc.

Es sustituto de la madera macisa y su uso se ha generalizado porque presenta ciertas ventajas:

- Su forma y medida (prácticamente 3 m² cada panel) permiten su mejor aprovechamiento y economía de mano de obra.
- Su estructura isomorfa le permite tener valores aceptables de resistencia y estabilidad dimensional.
- Al ser planos y lisos, son fáciles de recubrir con láminas de madera.
- Su contenido de humedad en equilibrio con el medio, asegura mínimos movimientos en servicio.
- No presenta nudos, rajaduras u otra anomalía que sea causa de desperdicio o disminución de su calidad.

9. TIPOS DE TABLEROS DE PARTICULAS

9.1. PB – Particle Board - Tablero de partículas de densidad media - Aglomerados comunes

Tableros homogéneos o simples.

Tableros heterogéneos, triples o sándwich.

9.2. Tablero de partículas de baja densidad – Aislantes

Pueden tener valores de 200 a 400 Kg/m³ de densidad. Son los de más baja resistencia mecánica, su terminación superficial no es totalmente lisa y la unión entre las partículas es débil.

Se emplean como amortiguadores del ruido y del calor; forman parte del alma de estructuras de gran espesor a fin de reducir el peso de las mismas.

Se utilizan exclusivamente cubiertos con láminas de madera en forma de placas de carpintería donde sea posible usarlas en el interior de puertas placas, instalaciones comerciales, muebles, tabiques divisorios. Su principal dificultad deriva de la baja resistencia que ofrecen para la fijación de tornillos.



9.3. HDP – High Density Particleboard – Tablero de partículas duros o de alta densidad

Es un tablero delgado de alta densidad, constituido por partículas de maderas de pino, combinadas con resina ureica, fraguadas bajo presión y temperatura.

En el mercado se encuentran dos tipos: HDP Standard, tablero rígido, homogéneo y fácil de maquinar; ideal para fondos y traseras de muebles, tabiquería, entre otros usos. HDP Plus tiene superficies lisas, propiedad que le permite ser pintado, laqueado y enchapado; presenta menor absorción de pinturas y lacas que productos similares.

9.4. OSB – Oriented Strand Board – Tablero de partículas anchas orientadas

9.5. WB – Wafer Board – Tablero de partículas anchas sin orientación



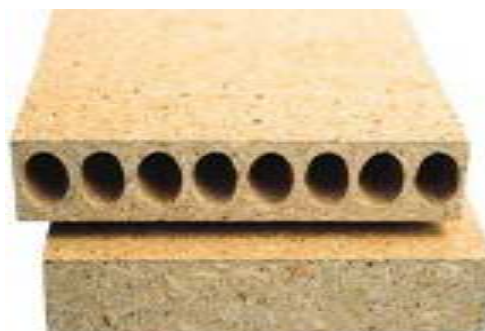
9.6. Tablero de partículas alveolar

Tableros anchos con agujeros longitudinales centrales para aumentar su característica de aislante térmico y acústico.



9.7. Tablero de partículas extrusionado

Son tableros fabricados por proceso continuo, sin una buena terminación superficial, que normalmente requieren de una terminación para su uso. Con bajos valores de retención de clavos y tornillos.



9.8. OSL – Oriented Strand Lumber – Madera de virutas orientadas

Tablero formado por tiras cortas de madera orientadas perpendicularmente una capa con respecto a la otra, con valores de resistencia que se acercan a un contraenchapado (plywood).

9.9. PSL – Parallel Strand Lumber – Madera de virutas paralelas – Parallam

Tablero formado por tiras de madera orientadas paralelamente una capa con respecto a la otra, lo que le da valores aceptables de resistencia a la flexión estática.

10. VENTAJAS DE LOS TABLEROS DE PARTÍCULAS

Uno de los objetivos en la utilización de los tableros o paneles es aprovechar maderas de baja calidad, de pequeñas dimensiones o residuos resultantes de ellas. En la actualidad, la demanda de los tableros de partículas para fines decorativos o estructurales se ha incrementado con respecto a los tableros de madera contrachapada.

Por la fabricación y la implementación de estos tableros llegaremos a obtener las siguientes ventajas:

- a. Se eliminan o reducen los efectos de debilitamiento que se tienen en la madera aserrada, causados por nudos, desviación de la fibra u otros defectos.
- b. Debido a que se fabrican en dimensiones mayores que las obtenidas en piezas de madera aserrada, con ellos es posible cubrir con facilidad grandes superficies.
- c. Tienen una mejor estabilidad dimensional.
- d. Reducen el desperdicio en su procesamiento, ya que se producen con material que en algunos aserraderos consideran que es material de desecho o de desperdicio.
- e. Pueden diseñarse para satisfacer necesidades específicas, incorporando diversas sustancias o modificando convenientemente los tratamientos térmicos o mecánicos a los que pueden ser sometidos, con el fin de lograr elementos con determinadas características de resistencia al agua, al fuego, a la pudrición o acciones mecánicas requeridas para aplicaciones estructurales.
- f. Posibilita la utilización de especies de rápido crecimiento y de ciertas especies blandas y marginadas.