

1. FABRICACIÓN DE LOS TABLEROS DE MADERA

1.1. Fabricación de tablero de listones de madera

Es un tablero formado por listones de madera, saneados o no, empalmados o de una única pieza, unidos entre sí, de canto mediante adhesivos. Realmente la tecnología de fabricación no es más que la de obtener un ensanche, hasta una determinada dimensión.

El proceso de fabricación tiene dos partes, una primera es la obtención del listón, y una segunda es el encolado, formación, prensado y acabado del tablero. La línea de fabricación del tablero alistonado se puede establecer de la siguiente forma:

Línea de fabricación	Maquinaria utilizada
Moldurado-alistonado	Moldurera.
Saneado	Tronzadora.
Empalmado	Línea de empalmado.
Encolado	Encoladora de rodillos.
Formación del tablero	Manual en mesa de formación.
Prensado	Prensa de alistonar.
Curado	
Escuadrado	Escuadradora.
Calibrado	Calibradora.

Moldurado-alistonado

Esta operación parte de una materia prima que es la madera aserrada perfectamente seca de secadero. En ningún caso la humedad puede superar el 12% por exigencia de funcionalidad de los adhesivos que se utilicen.

Las dimensiones de la madera aserrada que se utilice como materia prima depende del tipo de listón que se quiera obtener. Debe tenerse en cuenta que la anchura del listón que se va a obtener suele ser el grueso de la madera aserrada que se utilice, después de pasar por los ejes enderezadores de la moldurera. El grueso del listón, y por tanto del tablero se obtiene de la separación de las sierras circulares múltiple, dispuesta en el último eje de la moldurera.

Es muy frecuente que se alistone con listones de 22 mm de ancho, en este caso la madera aserrada utilizada es tabla de 25 mm de grueso, con un ancho, cuanto mayor mejor, y siempre que sea posible múltiplo del grueso de tablero que se quiera obtener.

Respecto de la longitud de la madera aserrada a elaborar, en el caso de que se vaya a realizar el saneado de los defectos, no tiene ningún requisito especial, pero en caso contrario, la longitud debe ser la del tablero que se desee obtener, con un pequeño sobrelargo de al menos 4 cm.

La moldurera que prepara los listones puede ser simple de 5 ejes, o mejor de 7 ejes, con los ejes 5.º y 6.º refinadores, en cualquier caso el último eje o universal funciona como una sierra múltiple.

Saneado

Esta operación tiene como función eliminar los nudos y otros defectos que tengan las tablas, por lo que sólo se realiza si la madera aserrada que se elabora tiene defectos y se quiere obtener tableros limpios de defectos.

La operación es muy sencilla, pues basta con disponer de una sierra circular radial dispuesta entre un dispositivo de alimentación y evacuación de los listones.

El nivel de automatización del saneado es muy variable: en los sistemas más sencillos, el operario hace operar manualmente tanto los dispositivos de alimentación y evacuación, el posicionamiento de los listones a sanear y la sierra para eliminar los defectos.

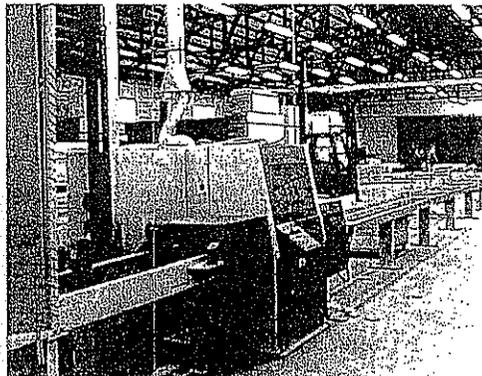


Foto 1.—Línea automática de saneado.

En los sistemas más complejos, todo el sistema es automático, lo único que realiza el operario es marcar con un lápiz los defectos que la sierra tiene que eliminar.

Línea de empalmado

Si previamente se ha realizado el saneado, esta operación tiene como objetivo unir los pequeños listones obtenidos y unirlos a lo largo mediante entalladura múltiple. Por tanto es una operación que sólo se realiza si se ha efectuado el saneado previo.

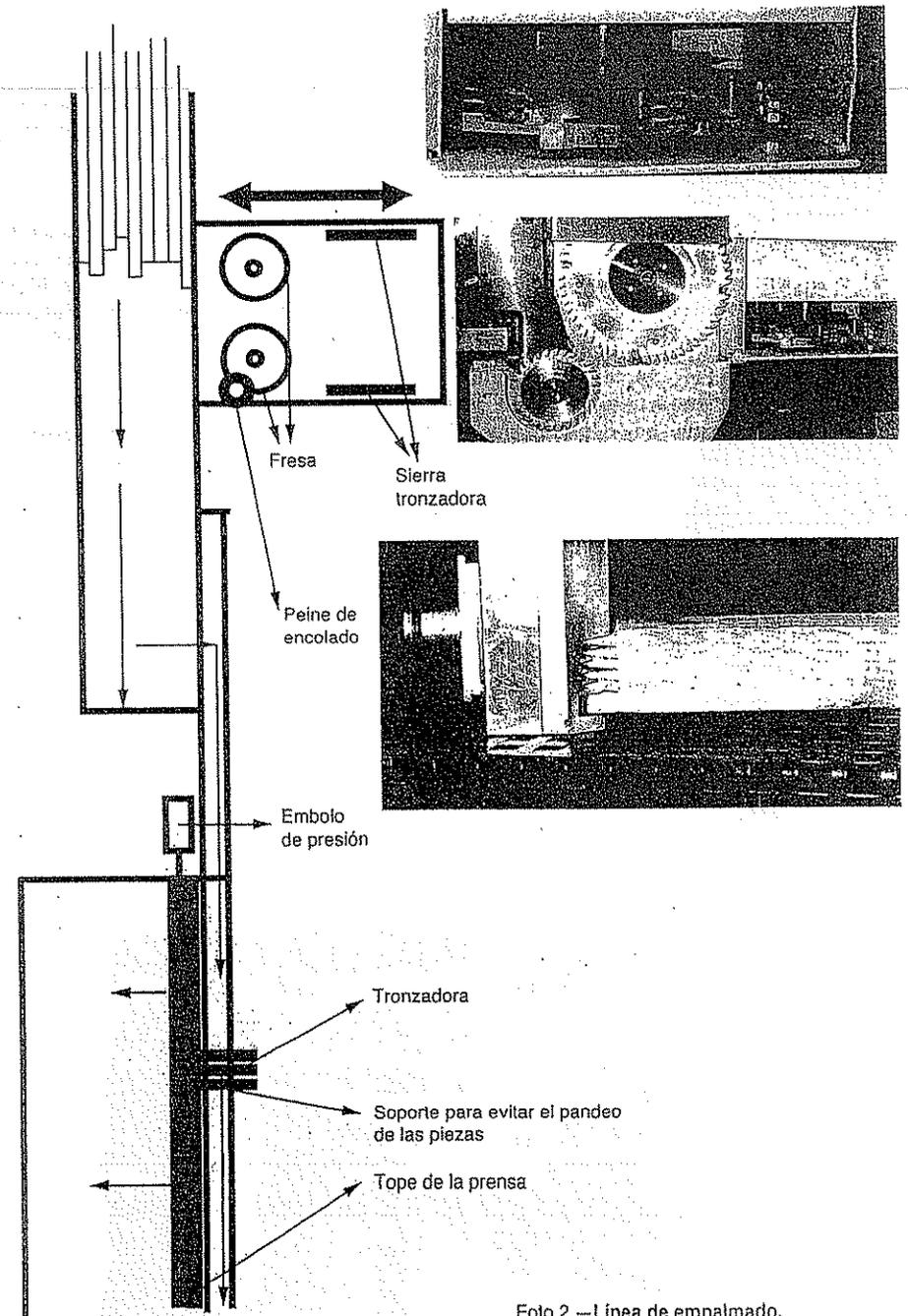


Foto 2.—Línea de empalmado.

La línea consta de un conjunto de preparación y encolado de las testas, dispuesto en un carro portaherramientas, de una prensa de presión longitudinal con barra antipandeo y tronczadora dimensionadora de la longitud final del listón. Cada uno de estos elementos tiene las siguientes características:

- Conjunto preparador de las testas: consta de un carro portaherramientas que tiene un movimiento perpendicular a la banda de avance de un conjunto de varios listones. El carro incorpora, por un lado a una tronczadora, que iguala el conjunto de listones dispuestos en la banda de avance y una fresa de elaboración de la entalladura múltiple. Al otro lado lleva otro tronczador para igualar las otras testas de los listones, una contrafresa de la entalladura múltiple y un peine encolador que proporciona adhesivo a estas testas.
- La prensa de presión longitudinal: Está dispuesta sobre una banda de avance de los listones, que entran individualmente hasta llegar a un tope. Los listones se van uniendo uno detrás de otro hasta completar la longitud de la banda. En ese momento actúa el émbolo que le da la presión a lo largo de la pieza (presión de alrededor de 40 kg/cm^2). Se mantiene la presión unos segundos, quedando la pieza encolada.
- Sierra tronczadora: Se dispone a la distancia al tope de la prensa similar a la longitud deseada del tablero, actuando inmediatamente después de realizar el prensado.

Encolado de cantos

Se realiza en una encoladora de rodillos tal y como se aprecia en la foto 3. En el caso de que se aplique adhesivo en los dos cantos, se encola un listón sí y otro no, estando la otra alternativa en dar adhesivo sólo a un canto de todos los listones.

El adhesivo a aplicar depende de la tecnología de prensado de que se disponga.

- Si la prensa es de calor convencional, el adhesivo que se utiliza es un adhesivo termoplástico de elevada viscosidad.

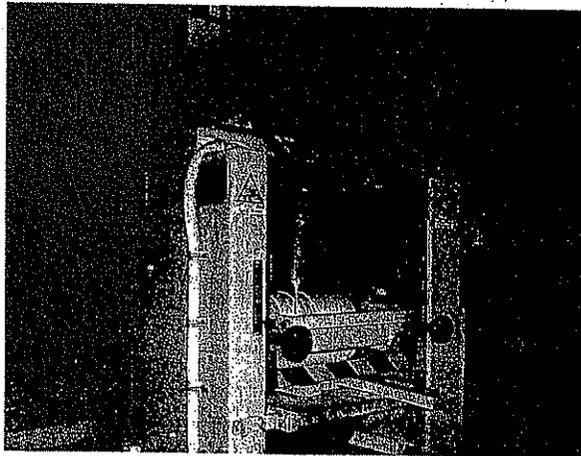


Foto 3.—Encoladora de rodillos para rastreles.

- Si la prensa es de calor por radiofrecuencia, el adhesivo que se utiliza es del tipo termoes estable, generalmente de urea-formaldehído

Mesa de formación

Los listones encolados y sin encolar llegan a la mesa de formación en donde de forma manual se disponen los listones convenientemente para su prensado posterior, buscando situar canto encolado con canto sin encolar.

Prensa de alistonar

Normalmente está integrada con la mesa de formación y dispone de un empujador que sitúa el tablero formado en el interior de la prensa.

Existen muchos tipos de prensas, algunas de varios huecos y otras de un único hueco, unas con producción de tablero continuo y otros discontinuos. El sistema más generalizado consta de una presión horizontal principal que proporciona presión a los cantos para provocar la polimerización y de una presión vertical, secundaria que busca impedir el pandeo y descolocación de los rastreles, además proporciona el calor. El funcionamiento es el siguiente:

La prensa consta de un plato superior fijo y un plato inferior dividido en dos subplatos, uno grande y otro pequeño, ambos movidos hidráulicamente contra el plato superior. El tablero preparado entra en la prensa a través de un empujador, desalojando de la prensa al tablero anterior ya prensado. Una vez situado el tablero a prensar, se cierra el subplato pequeño, situado al final de la prensa, entrando los émbolos hidráulicos horizontales, que presionan los listones contra los listones presionados por la prensa vertical. A continuación se cierra el subplato grande para evitar cualquier pandeo del tablero.

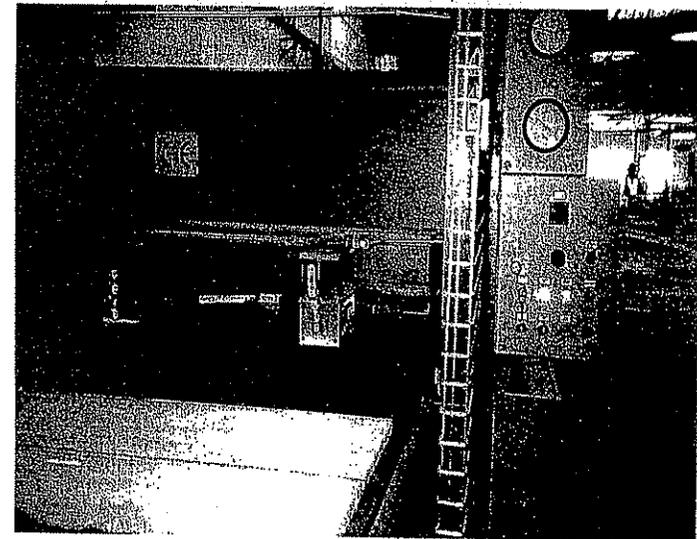


Foto 4.—Prensa de alistonar.

Los listones se mantienen sometidos a presión hasta que el adhesivo adquiere el suficiente curado para mantener unidos los listones. Este tiempo depende del espesor del tablero y sobre todo del sistema de calor que proporcione la prensa.

- Caso de calefacción tradicional: En este caso la temperatura de los platos se difunde a través de la madera a partir de la superficie profundizando a la velocidad aproximada de 1 min/mm de espesor. Esto supondría que un tablero de 25 mm tardaría 12,5 min, pero la realidad es que el tablero adquiere suficiente consistencia si se consigue polimerizar la mitad de la anchura de la línea de adhesivo, es decir, que en el ejemplo bastaría con 6,25 min. El tablero a la salida de la prensa no puede apenas manipularse, a riesgo de su rotura.
- Caso de calor mediante radiofrecuencia. En este caso el calor se difunde a través de la masa del tablero, dependiendo la velocidad de transmisión del calor a la línea de adhesivo de la potencia del generador de radiofrecuencia, pero basta con apenas un par de minutos para conseguir la polimerización casi completa del adhesivo. El tablero a la salida de la prensa se puede manipular incluso dar el acabado sin ningún problema.

Curado

Dado que el adhesivo no consigue su curado completo hasta las 24 horas, conviene mantener apilados los tableros obtenidos durante este tiempo. Por supuesto, sí es aconsejable el curado en todos los tableros. En los obtenidos mediante el sistema de calor convencional, el curado debe durar un mínimo de 8 horas.

Escuadrado

Tiene por objetivo sanear los cantos y las testas de los tableros, dar las dimensiones finales de anchura y longitud a estos, dejando sus ángulos perfectamente a escuadra.

Para ello se utiliza la escuadradora, que es una máquina compuesta por 2 sierras circulares, paralelas entre sí y a la dirección de los rodillos de alimentación de los tableros, distanciadas bien a la anchura o bien a la longitud que se pretenda dar a los tableros. Según avanza el tablero, las sierras cortan los cantos o las testas del tablero, saneando dichos cantos o testas y obteniendo sus dimensiones definitivas.

Lijado o calibrado

Tiene por objetivo eliminar las pequeñas diferencias de disposición entre los listones, dejar la superficie preparada para el acabado y proporcionar el grueso final al tablero.

Para ello se utiliza una lijadora de banda ancha, con al menos 3 grupos de lijado, el primero sobre rodillos metálicos, con banda de lija gruesa para proporcionar el igualado de los listones, el segundo grupo de rodillo de caucho, para conseguir el igualado de la calidad de superficie y el tercero sobre barra de grafito, para conseguir la calidad de superficie deseada.

Una lijadora proporciona el lijado de una cara, por lo que normalmente la línea de lijado consta de dos lijadoras y un volteador de tablero intermedio.

1.2. Fabricación de chapa y tablero contrachapado

Esta industria elabora la madera en rollo para la obtención de chapas y tablero contrachapado. La línea de fabricación del tablero contrachapado y su maquinaria correspondiente es la siguiente:

Línea de fabricación	Maquinaria utilizada
Tronzado	Tronzadora.
Descortezado	Descortezadora.
Estufado o Vaporizado	Depósito de cocido o vaporizador.
Cilindrado	Torno de desenrollo.
Desenrollo	Torno de desenrollo.
Cizallado	Cizalladora.
Secado	Túnel de secado.
Encolado	Encoladora de rodillos.
Armado	Mesa de armar.
Prensado	Prensa de platos calientes.
Curado	Almacén.
Escuadrado	Escuadradora.
Lijado	Lijadora-calibradora.

Las características de estas operaciones son las siguientes:

Tronzado

Es una operación que tiene como objetivo sanear y dimensionar la longitud de las trozas antes de que entren en el torno.

Esta operación se realiza de forma muy similar a lo descrito en el aserrado.

Descortezado

Esta operación tiene como objetivo eliminar la corteza de las trozas, para evitar que ésta, y las piedras y arena incrustadas en ella deterioren la cuchilla del torno de desenrollo.

Esta operación se suele realizar en descortezadoras de cuchillas, caracterizadas por tener como herramienta una cuchilla, situada sobre un eje portacuchillas, que gira presionando la madera, desbastando un determinado grueso programado (distancia de la cuchilla respecto de la contracuchilla), tanto si es corteza o madera.

La herramienta va dispuesta en un brazo que presiona contra la madera una determinada presión y se desplaza lentamente a lo largo del eje axial de la madera.

La madera va dispuesta sobre una serie de rodillos que giran en sentido contrario, haciendo girar a la madera. También puede disponerse en un torno, sujeta la madera por sus testas, mediante 2 garras.

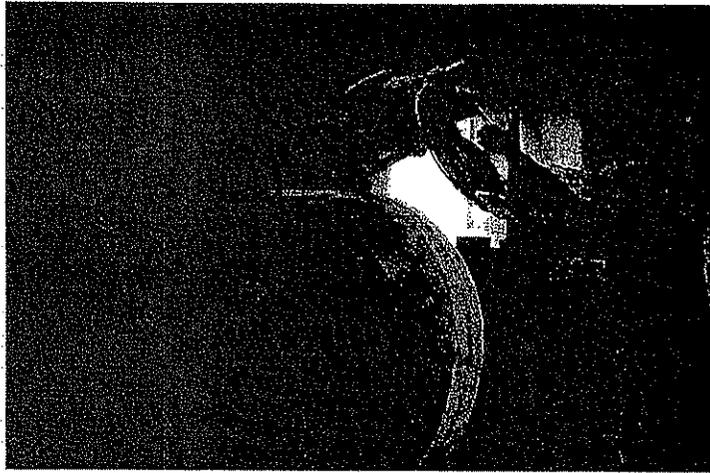


Foto 5.—Descortezadora de cuchillas.

El conjunto del movimiento longitudinal de la herramienta junto con el de giro de la madera, hace que la cuchilla vaya describiendo una espiral sobre la madera.

Estufado o vaporizado de las trozas

Es una operación que busca ablandar la madera para facilitar su corte posterior. En ocasiones complementariamente a ablandar la madera se busca el cambio de color.

Esta operación se realiza cuando las trozas están secas y la madera es semidura o dura. Por ejemplo, no es necesario realizarlo con el chopo o el pino recién cortado.

La operación se realiza, o bien sumergiendo la madera en agua caliente, entre 70 y 100 °C, durante un tiempo que oscila en función de la dureza de la madera y la dimensión de la troza (alrededor de 1 min por cada mm de radio de la troza), o bien introduciendo la madera en una cámara vaporizada.

Cilindrado y desenrollado

Es la operación clave en la fabricación de tableros, por la que se obtiene la chapa.

La operación se realiza en el torno de desenrollado. Consta de 2 garras para sujetar firmemente la madera y hacerla girar a una determinada velocidad, y un carro portaherramientas que se desplaza hacia la madera a una determinada velocidad sincronizada con la anterior.

La relación entre la velocidad de giro de la troza y de avance del carro portaherramientas determina el grueso de la chapa.

El carro portaherramientas incorpora una cuchilla y una barra de presión, dispuestas de forma paralela a una distancia programable. La cuchilla es la que realiza el corte, y la barra de presión tiene como función mantener presionada la madera mientras se corta, para evitar que se rompa.

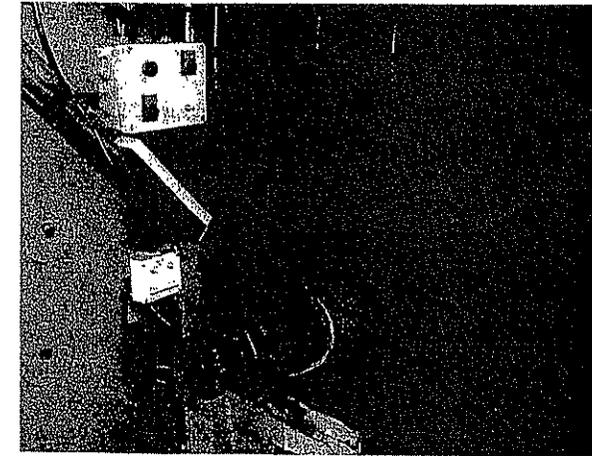
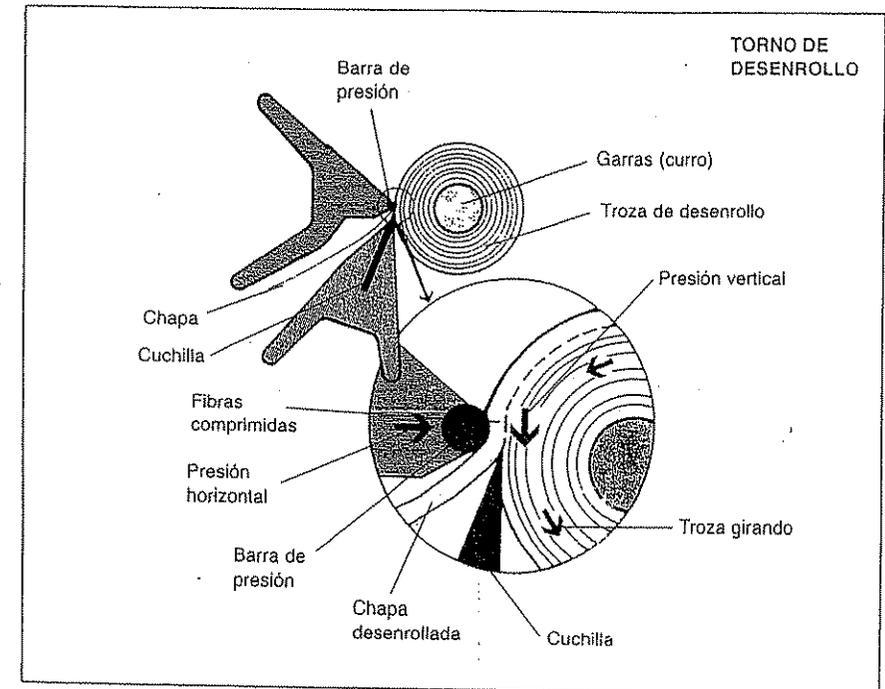


Foto 6.—Salida de la chapa del torno de desenrollado y su bobinado.

ESQUEMA 1
Barra de presión y cuchilla



Fuente: Vignote (2005).

Cada madera tiene un ángulo de cuchilla específico y una presión idónea.

Para desenrollar, se selecciona una determinada velocidad del carro portaherramientas (que va a determinar el grueso de la chapa que se quiere obtener), se dispone una distancia entre la cuchilla y la barra de presión un poco inferior al grueso de la chapa que se quiere obtener y se opera. La troza girará, el carro se irá aproximando hasta iniciar el corte de la madera. Al principio, la chapa saldrá de forma discontinua (cilindrada), para una vez que la troza quede cilíndrica, salga perfectamente continua.

A partir del momento en que la chapa sale continua, la velocidad de giro de las garras se sitúa de forma que la velocidad periférica se sitúe entre 60 a 110 m/min y con ello, y teniendo en cuenta el grueso a obtener, se dispone la velocidad de avance del carro.

Como la troza tiene cada vez menor diámetro, la velocidad de giro debe aumentar continuamente para mantener la velocidad periférica constante y además se debe ir reduciendo la velocidad del carro portaherramientas.

Así, si se quisiera obtener chapa de 2 mm de espesor y se quiera dar una velocidad periférica de 100 m/min, cuando la troza tenga 50 cm de diámetro, el número de revoluciones por minuto r.p.m. de las garras sería de $100 \text{ m/min} / (\pi \cdot 0.5 \text{ m}) = 63,66 \text{ rpm}$, y el carro portaherramientas debe avanzar hacia las garras a la velocidad de 2 mm por cada vuelta, es decir $2 \text{ mm/rpm} \cdot 63,66 \text{ rpm} = 127,3 \text{ mm/min}$. Por supuesto, éstas son las velocidades en el instante en que la troza tiene 50 cm de diámetro, pero como a cada vuelta tiene 4 mm menos, para mantener la velocidad periférica de desarrollo y el espesor de la chapa, se debe ir aumentando de forma continua ambas velocidades. Naturalmente que el torno dispone de un sistema sincronizado de velocidades de las garras con el carro portaherramientas.

Cizallado

Esta operación tiene como objetivo dimensionar en anchura o longitud la chapa obtenida.

Las máquinas que realizan esta función son las cizalladoras. Existen las siguientes tecnologías:

- Tipo guillotina: La cizalladora está formada por una cuchilla que cae cada determinado tiempo sobre la sábana que forma la chapa debobinada que avanza a la velocidad periférica de desenrollado. Así, si se quiere dimensionar la sábana en chapas de 1,22 m de anchura, y suponiendo una velocidad periférica del torno de 100 m/min, la cizalladora debería dar un golpe cada $(60 \text{ sg/min} \cdot 1,22 \text{ m}) / 100 \text{ m/min} = 0,732 \text{ sg}$.

Normalmente actúa automáticamente, es decir, como la chapa sale a una determinada velocidad, se programa a la cuchilla de forma que caiga tantas veces por minuto.

- Tipo eje de cuchillas paralelas: La cizalladora está formada por un eje con 2 ó 3 cuchillas a lo largo, que gira de forma sincronizada a la velocidad de avance de la sábana, de forma que en cada determinado recorrido de la sábana actúa una de las cuchillas sobre la sábana cortándola. Así, si la cizalla dispone de 2 cuchillas, sobre un eje de 10 cm de diámetro, la velocidad de giro de este eje para el caso anterior es de $0,5 \text{ revoluciones} \cdot 1 \text{ min} / (1,22 \text{ m} / 100 \text{ m/min}) = 40,98 \text{ rpm}$.

Secado

Esta operación tiene como objetivo dejar a la madera con una humedad de alrededor del 6%, para así preparar el encolado.

El secado se suele hacer mediante calor, en un túnel, a contracorriente, es decir, por un lado entra la chapa al túnel, a través de una cinta transportadora y por el otro lado y en sentido contrario, entra aire caliente y seco.

El aire seco y caliente, según avanza por el túnel, se va enfriando y humedeciendo, de forma que la madera se encuentra en el túnel, primero con aire templado y húmedo y poco a poco, con aire más caliente y seco. Es decir, se realiza un secado progresivo, como en cualquier secadero de calor.

La regulación del secado se realiza fundamentalmente mediante la regulación de la velocidad de la cinta transportadora de la chapa. También se puede actuar por la temperatura del aire de inyección y por la regulación de las ventanas de evacuación de humedad dispuestas a lo largo del secadero.

Encolado

Se realiza mediante rodillos encoladores, utilizando adhesivos termoendurecibles, ya sea urea-formaldehído, para el caso de tableros de interior, melamina-formaldehído para tableros semiexteriores y exteriores y adhesivo de fenol-formaldehído para tableros exteriores, resistentes al agua hirviendo.

Los rodillos encoladores deben regularse para cada espesor de chapa, de forma que el adhesivo cubra perfectamente toda la chapa y con la dosis recomendada.

Sólo se aplica cola a las chapas pares, por ambas caras.

Dado que los adhesivos termoendurecibles tienen muy poca vida de trabajo (alrededor de 4 horas), se deben preparar inmediatamente antes de aplicarlos. Para ello, se vierte sobre un recipiente las cantidades precisas de disolvente, resina, endurecedor, cargas, y otros componentes que tenga el adhesivo y con una mezcladora de cola se prepara el adhesivo.

Formación

Es una operación que se realiza manualmente, disponiendo transversalmente a las chapas pares encoladas, las chapas impares sin cola.

Es imprescindible, para evitar alabeos posteriores de los tableros, que el tablero esté perfectamente compensado en la composición de sus chapas, lo que quiere decir que las características de especie y espesores de las chapas sean exactamente simétricas respecto del centro del tablero. No es imprescindible pero sí importante que las chapas interiores sean igual o más blandas que las exteriores, también para evitar alabeos.

Prensado

Se realiza mediante prensas de múltiples platos planos calientes, que ejercen la presión por medio hidráulico a través de émbolos que actúan de abajo hacia arriba, para evitar que el peso de los platos hagan ejercer más presión en los platos inferiores que en los superiores, o bien simultáneamente, con lo cual el tiempo de cierre de la prensa se reduce de forma muy importante.

Es muy importante que la temperatura de los platos esté perfectamente equilibrada en toda la superficie, siendo preferible que los platos inferiores puedan tener unos grados menos que los superiores, para compensar el hecho de que las caras inferiores de los tableros están más tiempo en contacto con los platos que los superiores.

La alimentación de los platos se puede realizar manualmente o bien mediante ascensores de carga y descarga de la prensa.

La presión a la que se debe trabajar, depende del tipo de cola utilizada, variando entre los 5 y los 12 kg/cm² de superficie del tablero. La temperatura debe situarse alrededor de los 100 a 120 °C.

Es una práctica muy normal el que se introduzcan varios tableros por hueco, para así ahorrarse el tiempo de cierre de los platos, pero no es una práctica que garantice la planitud posterior del tablero, al existir descompensación en el endurecimiento del tablero.

Escuadrado

Se realiza de la misma forma que lo ya indicado en la fabricación de tableros alistados.

En las fábricas de tablero contrachapado es normal que se disponga de una doble escuadradora, de forma que la primera dimensiona el ancho del tablero y la segunda el largo. Entre medias se debe disponer de un sistema que cambie la dirección del tablero.

Lijado o calibrado

Tiene por objetivo dar el grueso final al tablero, así como la calidad de superficie que se pretende.

El lijado se realiza mediante calibradoras dobles (actúan simultáneamente por las dos caras), de banda ancha, primero del tipo de rodillos, para realizar el desbaste y después de las de tipo barra de presión para dar la calidad final al tablero.

Como siempre debe buscarse que la calibradora-lijadora desbaste la misma cantidad de tablero por ambas caras, para así mantener la compensación del tablero.

1.3. Industria de chapa a la plana y chapa rotativa

La escasez de maderas valiosas por su apariencia ha fomentado la aparición de esta industria caracterizada por producir láminas de madera de apenas varias décimas de milímetro de espesor, con el fin de obtener un elevado rendimiento de metros cuadrados de madera, con los que recubrir otras maderas menos valiosas, u otros tipos de productos, dándoles una bonita apariencia.

Si bien es verdad que las chapas se obtienen desde épocas muy remotas, como las de los egipcios, la concepción como tal se produce en nuestra época, al sustituir las sierras por cuchillas. Al utilizar cuchillas, se evita la producción de serrín, con lo que el rendimiento aumenta considerablemente, así como la calidad del grueso dado.

La línea de fabricación es la siguiente:

Línea de fabricación	Maquinaria utilizada
Tronzado	Tronzadora.
Descortezado	Descortezadora.
Estufado o Vaporizado	Depósito de cocido o vaporizador.
Despiezado	Sierra de carro.
Obtención de chapa	Chapa a la plana o chapa rotativa.
Secado	Túnel de secado.
Almacenado.	

Las características del proceso son las siguientes:

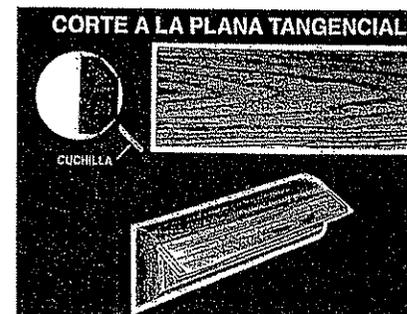
Despiezado

Tiene como función realizar una cara plana, que sirva de referencia para la obtención de chapa, por cortes paralelos a esta cara realizada.

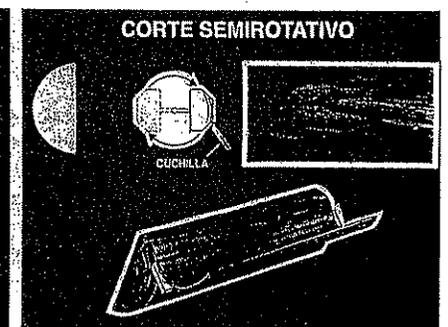
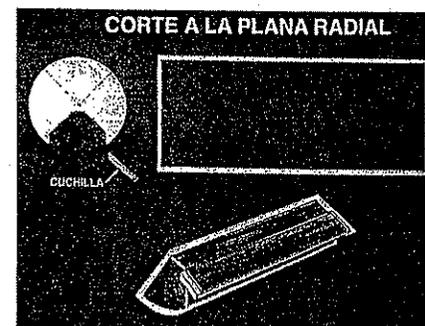
El despiezado se realiza en una sierra de carro similar a las utilizadas en los aserraderos de tipo tradicional.

Obtención de chapa

Dependiendo de la figura que se quiera obtener se utilizan los siguientes tipos de máquinas:



ESQUEMA 2
Chapa a la plana tangencial o radial



ESQUEMA 3
Rotary o semirotary

La máquina plana es la máquina más usual, obtiene figuras muy similares a como se obtendrían del despiece de la madera por aserrado, ya sea por corte tangencial (figura de catedral o flameado) o radial (malla).

A diferencia de los tornos de desenrollo la pieza se sitúa fija en la máquina mediante unas garras robustas que le impiden cualquier movimiento y es la cuchilla la que se desplaza para realizar el corte.

Existen dos tipos de máquinas planas, la horizontal y la vertical, según sea el movimiento de la cuchilla.

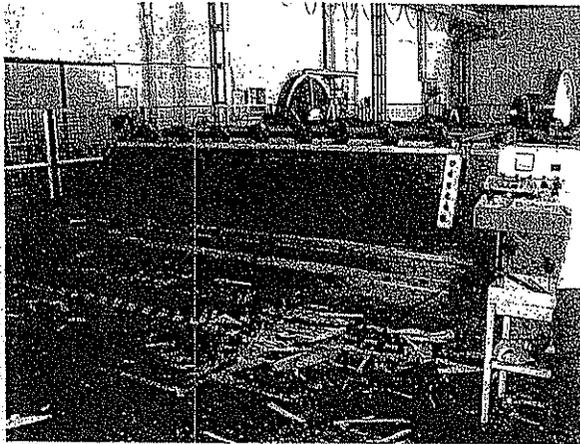


Foto 7.—Máquina plana horizontal.

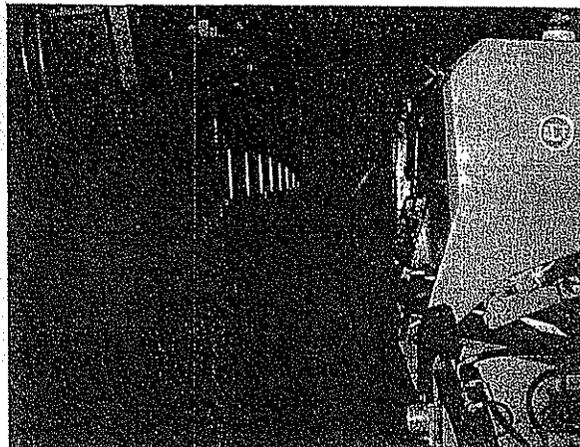


Foto 8.—Máquina plana vertical

— La máquina horizontal tiene la ventaja de poder fijar fácilmente la troza, pero en cambio el movimiento de la cuchilla, que se realiza mediante un sistema de biela manivela, es más lento y sobre todo menos preciso que el de la máquina vertical.

Otro problema que tiene esta máquina es poder disponer la troza o la cuchilla de forma que el ataque se realice de forma progresiva, circunstancia que se soluciona fácilmente en la máquina vertical, disponiendo la troza con un determinado ángulo.

Cada vez que se realiza un corte con la cuchilla, las garras suben una altura equivalente al grueso de la chapa que se quiera obtener.

En la máquina plana vertical el problema de la sujeción de la troza se consigue disponiendo de más garras y de dotar de garras telescópicas, al principio cuando la troza es grande las garras son grandes y sujetan las trozas en las proximidades del corte, cuando la cuchilla llega a la altura de las garras estas garras se retiran incorporándose otras más cortas y así sucesivamente.

— Máquina de corte rotativo.

Esta máquina busca resaltar la figura de la fibra entrelazada de las especies de madera que tienen este defecto o bien procesar trozas con rarezas particulares: raíces, lupas, moquetas, etc.

La máquina consta de unas garras para la sujeción de la troza, de forma que impida su movimiento durante la realización del corte, y una cuchilla montada en un carro portaherramientas muy similar al del torno de desenrollo. Las garras tienen un giro, que obligan a pasar a la madera por la cuchilla, obteniéndose la chapa.

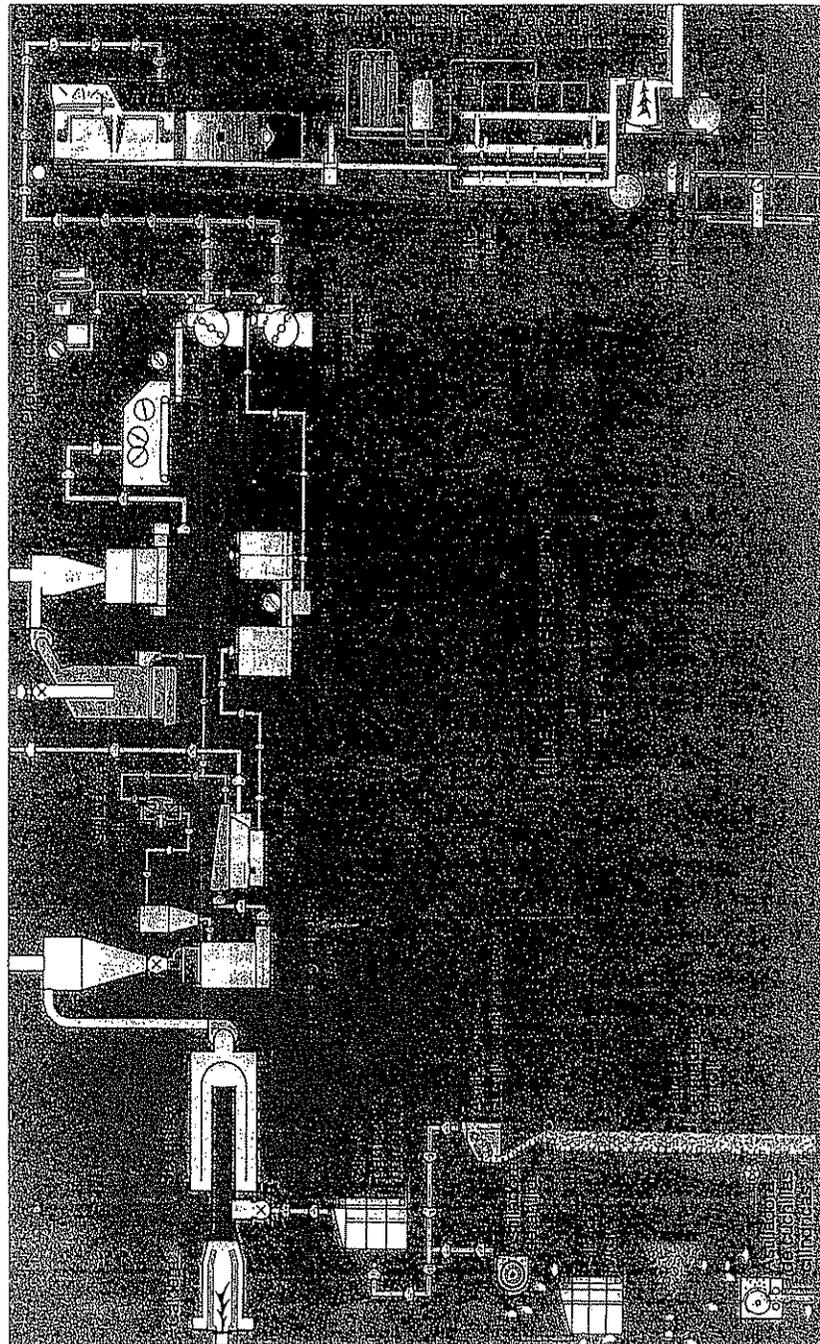
Es muy importante guardar la secuencia del corte para después, con posterioridad, poder componer la chapa para recubrir tableros u otras grandes superficies.

1.4. Tableros de partículas

Es un tablero formado por la unión de partículas de madera mediante adhesivos termoendurecibles. El proceso de fabricación y la maquinaria utilizada es la siguiente:

Línea de fabricación	Maquinaria utilizada
Descortezado	Descortezadora de tambor.
Formación de partículas	Astilladora, molinos y viruteadoras.
Secado	Secadero de partículas.
Clasificado	Cribadora.
Encolado	Encoladora.
Formado	Formadora.
Preprensado	Preprensa.
Prensado	Prensa de platos calientes.
Curado	Enfriador-Almacén.
Escuadrado	Escuadradora.
Lijado	Lijadora-calibradora.

ESQUEMA 4
Fabricación de tablero de partículas



De todo este proceso, debe tenerse en cuenta que el tablero que más se suele fabricar, es el denominado de dos capas, en el que existen dos capas diferenciadas, una la exterior, formada por partículas muy finas, destinadas a obtener un producto con una superficie muy fina, para facilitar las operaciones de acabado (recubrimientos por chapas y plásticos). La otra capa es la interior, formada por partículas de mayor tamaño, cuya única función es de resistencia. Según esto, la línea de fabricación es doble, una de partículas fina, y otra de partículas gruesas, que se juntan en el proceso de formado del tablero.

Las características más importantes de los procesos son los siguientes:

Descortezadora

Esta máquina tiene como función, como ya se ha indicado, separar la corteza de la madera. La máquina que se utiliza en las fábricas de tableros de partículas y fibra, es mediante la descortezadora de tambor, constituida por un cilindro de varios metros de diámetro y varias decenas de metros de longitud, dotado de un movimiento giratorio.

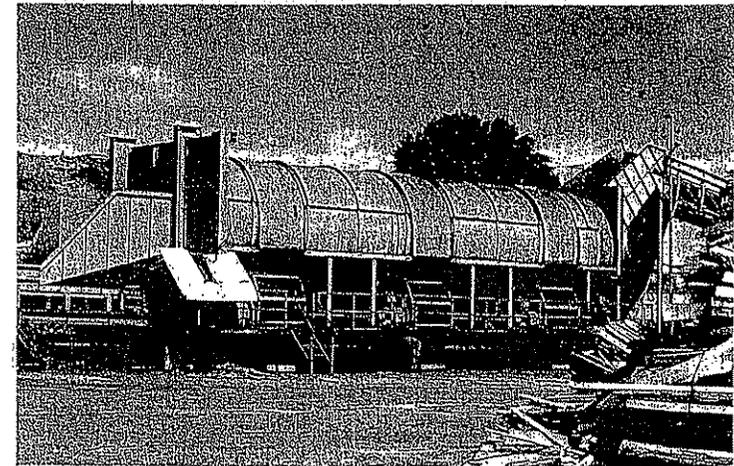


Foto 9.—Descortezadora de tambor.

Las trozas se introducen por una de sus aberturas, hasta cubrir cerca del 50% del volumen del cilindro, que rota, obligando a las trozas, según avanzan hacia la salida, a chocar unas con otras produciendo fricciones y golpes que hacen a la corteza desprenderse de la madera, desmenuzarse y salir al exterior del cilindro por las ranuras del tambor.

Formación de partículas

La formación de las partículas es un proceso complejo que depende de la forma en como llega la materia prima.

— Caso de madera en rollo: El proceso se inicia viruteando la madera, para después obtener la partícula mediante el refinado de las virutas en astilladoras de anillo.

La viruteadora es una máquina que dispone de un eje o cilindro de al menos 2 m de longitud, en donde se insertan cuchillas en forma helicoidal. La madera llega a la viruteadora con la longitud paralela al cilindro portacuchillas de la viruteadora siendo obligada a incidir contra él, obteniéndose virutas de alrededor de 0,2 mm de espesor que serán utilizadas para la obtención de la capa externa del tablero.

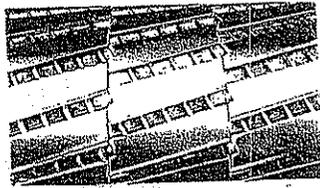


Foto 10.—Cilindro de viruteado.

- Caso de materia prima a base de residuos de aserradero u otro tipo de fábricas de madera: Se obtienen en dos fases, una primera en una astilladora (normalmente de disco) que produce astillas cuyas dimensiones son de varios cm de largo y ancho y varios mm de grueso. Las astillas pasan a la refinadora de disco en donde se reduce el tamaño de estas astillas hasta quedar en alrededor de 0,5 mm de espesor. Estas astillas se utilizarán en la obtención de la capa interna del tablero.
- Caso de que la materia prima sea productos reciclados de madera: En este caso los productos pasan a una trituradora de martillos que dejan el producto hecho astillas romas. A continuación un electroimán elimina los elementos metálicos existentes y el resto pasa a la refinadora de anillo.
- Caso de que la materia prima sea astilla: Las astillas pasan directamente a los molinos refinadores.

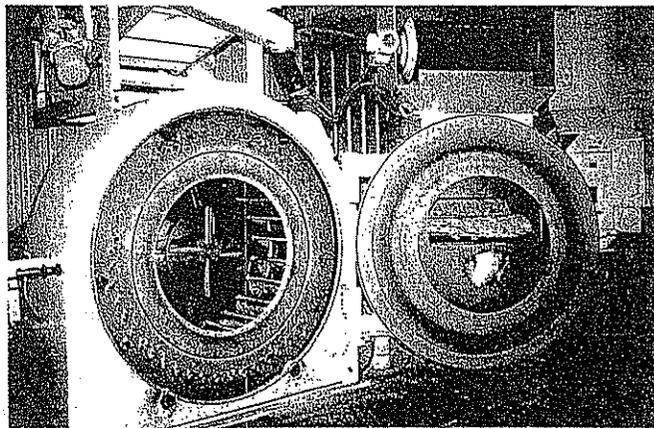


Foto 11.—Molino de astillas.

- Caso de que la materia prima sea serrín: El serrín pasa directamente al silo de partículas húmedo.

Secado

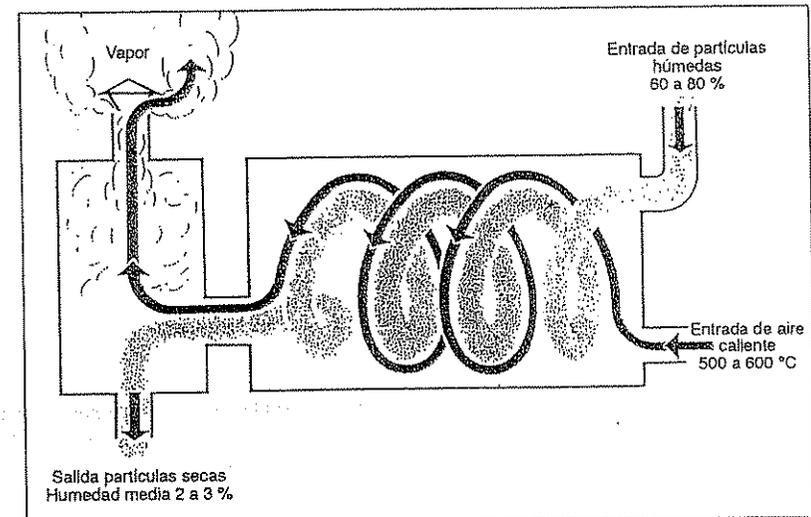
El secado de las partículas se realiza en secaderos cilíndricos, normalmente rotativos, en donde un ventilador aspira los gases calientes, procedentes de la caldera, al tiempo que impulsa las partículas húmedas que entran en el secadero.



Foto 12.—Secadero cilíndrico.

MANOLITO
FOTOCOPIAS
 Diagonal 78 N° 853

ESQUEMA 5
Secado



El movimiento del tambor, unido a la impulsión tangencial de los gases calientes, hace que la partícula describa una espiral hasta llegar a un ciclón, situado en el otro extremo del cilindro, en donde se separan los gases residuales y el vapor obtenido en el secado, de las partículas ya secas (humedad de salida, entre el 3 y el 5%).

Clasificación de partículas

Tiene como objetivo separar las partículas demasiado grandes (que vuelven a un molino refinador) y demasiado pequeñas, así como separar (cuando según el proceso se hayan unido) las partículas finas del exterior, de las partículas gruesas del interior.

La clasificación se realiza mediante unas zarandas dotadas de un movimiento vibratorio.

Encolado

El encolado se realiza inyectando por pulverización el adhesivo. El adhesivo que más se utiliza es el de urea formaldehído, al que se le añade además del endurecedor (nitrato amónico) y el disolvente (agua), alguna emulsión hidrófoba, del tipo parafínico (alrededor del 7% del total del líquido encolador). La formación del pegamento se realiza en la misma entrada del pulverizador, donde llegan los diferentes componentes en su porcentaje correspondiente.

Formación de la manta

Las partículas impregnadas por el adhesivo pasan por unas máquinas que las proyectan mecánicamente o por aire sobre bandas metálicas sinfín que las transportarán hasta la prensa.

La formación debe hacerse de forma que las partículas finas queden al exterior de la manta, y las gruesas al interior. Si el sistema de formación es la gravedad, la formadora está formada por 4 cajones, el primero y último son de partículas de exterior, mientras que el segundo y tercero son de interior. Si el sistema es por impulsión, la formadora tiene dos labios de proyección sobre una banda que se acerca a la formadora. La proyección de las partículas hace que las más pequeñas lleguen más lejos sobre la banda vacía y las más grandes caigan antes, sobre las partículas pequeñas recién proyectadas. En el labio contrario las partículas grandes caen cerca de la formadora, sobre las partículas pequeñas recién caídas, mientras que las pequeñas llegan más lejos, cayendo sobre banda vacía.

Preprensado

La banda metálica, con la manta formada, pasa por una banda caliente inclinada que va reduciendo la altura de la manta para reducir el tiempo de prensado.

Prensado

Para que el pegamento de urea-formaldehído fragüe, es necesario que se le aplique una presión, de alrededor de 10 kg/cm² y una temperatura de al menos 100 °C. Por ello, la manta formada pasa por una prensa de platos planos que proporcionen calor de alguna forma (por radiación, por inyección de vapor recalentado, o por radiofrecuencia).

Es cada día más frecuente la utilización de prensas continuas para de esta forma obtener un tablero continuo y poder adaptarse a todas las demandas de dimensiones del tablero que exijan los clientes, sin que existan pérdidas del material.

Curado

Al salir de la prensa, el tablero pasa a un enfriador, en donde en poco tiempo se le hace bajar la temperatura a 30 °C, completándose la polimerización de las resinas, y se homogeneiza la humedad del tablero.

El resto de las operaciones se realiza de forma similar a las del tablero contrachapado.

1.5. Tableros de fibras

Es el formado por la unión de células individualizadas de madera, ya sean traqueidas o fibras o fibrotraqueidas o cualquier otro tipo de célula vegetal.

Existen dos procesos de fabricación del tablero, uno por vía húmeda, es decir que las fibras de madera llegan a la prensa con una humedad superior al 100%, o el proceso seco, en donde las fibras llegan a la prensa con humedades en torno al 8-10%. Dado que el proceso por vía húmeda tiene bastantes problemas ambientales, la tecnología actual se decanta hacia el proceso seco cuyo proceso de fabricación es el siguiente:

Línea de fabricación	Maquinaria utilizada
Descortezado	Descortezadora.
Astillado	Astilladora.
Lavado y preparación	Torre de lavado y preparación.
Desfibrado	Desfibradoras.
Secado	Secadero de fibras.
Clasificado	Cribadora.
Encolado	Encoladora.
Formado	Formadora.
Preprensado	Preprensa.
Prensado	Prensa de platos calientes.
Curado	Almacenado.
Escuadrado	Escuadradora.
Lijado	Lijadora-calibradora.

Las operaciones características de este tablero son las siguientes:

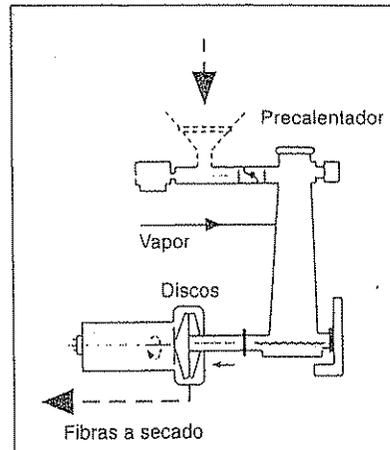
Lavado y preparación

El lavado tiene como objetivo eliminar los granos de arena que puedan incorporar las astillas de madera. Estos granos, si no se eliminan, provocan un desgaste muy rápido de las herramientas, cuando se mecaniza el tablero.

Para su eliminación, las astillas se hacen pasar por una tolva en donde se las somete a vapor porque arrastra los granos de arena que puedan incorporar.

Una vez lavadas las astillas pasan a su preparación para el desfibrado. Esta preparación se basa en humectar y calentar las astillas haciéndolas pasar por un precalentador, en forma de tronco de cono, en donde por la parte superior se incorpora la astilla y vapor saturado a presión. Las astillas según bajan, se humectan y calientan. Llegando a su base en donde un tornillo sinfín las transporta al desfibrador.

ESQUEMA 6
Preparación al desfibrado



Fuente: Alvarez (1997).

Desfibrado

Es la operación característica de estos tableros. Se basa en hacer pasar las astillas húmedas y calientes y bajo presión al interior de 2 muelas desfibradoras que giran en sentido contrario.

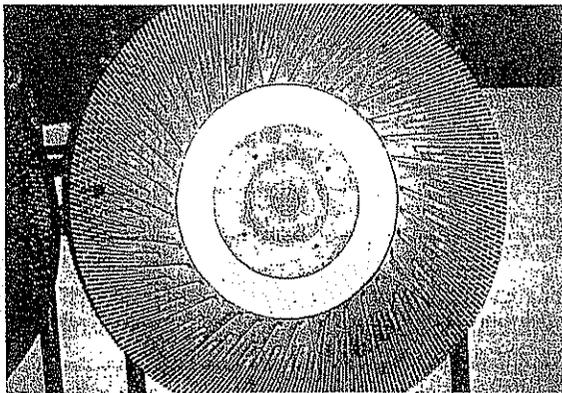


Foto 13.—Muela desfibradora.

Las astillas se inyectan por su parte interior, y por la acción centrífuga, tiende a salir por el exterior debiendo pasar por las muelas que incorporan las desfibradoras, que separan las fibras de la madera.

Secado

El secado de la fibra se puede hacer o en una sola etapa, como en el tablero aglomerado, o en dos etapas, para dejar la fibra más suave.

El resto de las operaciones son bastante similares a las del tablero de partículas.

2. MECANIZACIÓN DE LOS TABLEROS DE MADERA

La mecanización de los tableros alistonados se realiza de la misma forma que si fuese madera maciza, por cuanto lo que se va a desarrollar a continuación se refiere a los otros tipos de tableros.

También indicar que los tableros se suelen mecanizar con las superficies recubiertas, pero por coherencia con respecto al recubrimiento de cantos, el recubrimiento se expondrá en el siguiente capítulo.

2.1. Dimensionado

El hecho de que los tableros dispongan de un porcentaje de adhesivo de carácter abrasivo, hace conveniente que el corte de los tableros se realice utilizando sierras con los dientes reforzados con un material duro. Otro factor debe ser tenido en cuenta, que es la dureza de los tableros de partículas y fibras que se sitúan al nivel de la dureza del roble, por lo que en su corte debe ser tratado como si de madera dura fuese.

Por tanto, la mecanización se debe realizar con sierras circulares con dientes de carburo de tungsteno, con un paso entre dientes pequeño, con un ángulo de diente grande, y ángulos de ataque y desahogo pequeños. Las velocidades de estas sierras deben ser de entre 40 y 60 m/s. Estas velocidades, más lentas que las de la madera, obligan a una alimentación más lenta también.

Es bastante común el efecto de desgarro de la superficie de corte, en los tableros, esto se logra disminuir, además de por una menor velocidad de alimentación, por buscar que el diente incida lo más vertical posible, para lo cual se debe hacer sobresalir el disco de la sierra lo más posible, a costa de mermar la seguridad del operario. También conviene que el movimiento de avance de éste y el de la sierra sea en el mismo sentido.

Como ya se ha indicado en el capítulo de tecnología del corte, el despiece de los tableros revestidos es todavía más crítico, por lo que se debe trabajar con sierra incisora que precorte por delante la parte inferior del tablero. Además de tener la precaución de cortar con sierra incisora, se deben utilizar los dientes cuya forma y disposición se detalló en el capítulo de tecnología del corte.

Los equipos y máquinas utilizados para el despiece de los tableros son muy variables, según la producción de la empresa. En empresas pequeñas, una sierra circular de mesa provista de incisor y con carro, es suficiente productividad. Mejores son las sierras verticales. En em-

presas grandes la maquinaria que se utiliza son los equipos de despiece horizontales, con 1 o 2 equipos de corte (sierra más incisor), que se desplazan tanto paralelamente a la disposición del tablero, como perpendicular, mientras el tablero se encuentra fijo. Esta máquina se puede complementar con mesas de carga y de descarga para facilitar el movimiento de los tableros.

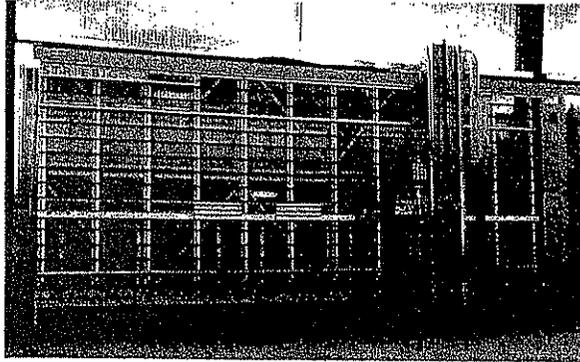
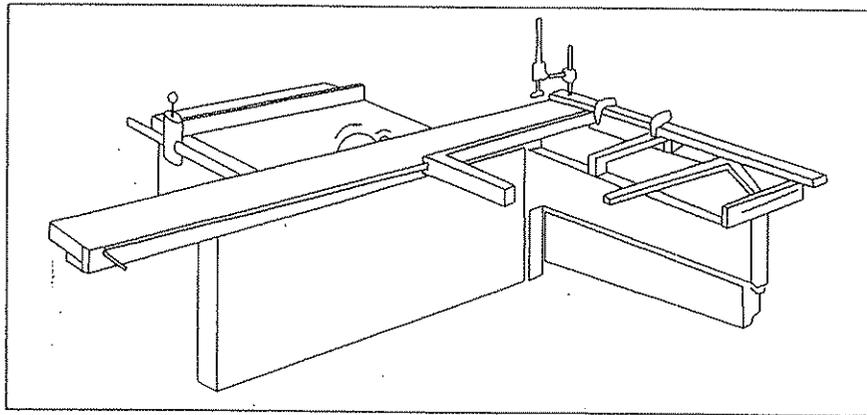


Foto 14.—Sierra vertical.

ESQUEMA 7
Sierra horizontal

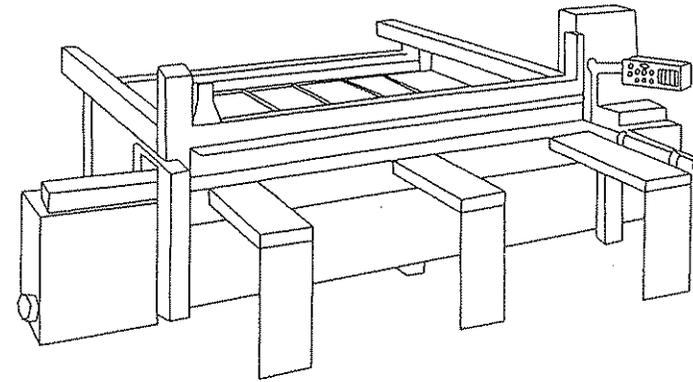


Fuente: Vignote (1995).

El despiece del tablero también puede realizarse mediante un centro de trabajo de control numérico, bien haciendo actuar la sierra circular que siempre disponen, para el caso de cortes rectos, o bien una fresa de corte, para cuando los cortes sean curvos.

La realización de cortes mediante un centro de trabajo tiene ciertas ventajas, como son dejar ya situado al tablero para siguientes procesos, pero sobre todo tiene ciertos inconvenientes, tales como la del posible astillado, por no tener incisor, la falta de productividad, si se compara con las seccionadoras, dado que solo pueden trabajar un único tablero.

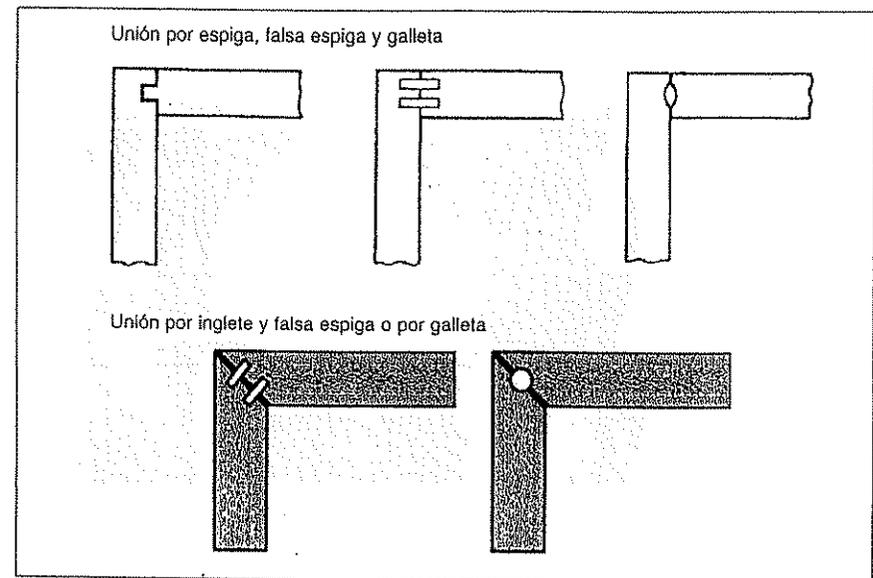
ESQUEMA 8
Seccionadora despiezadora



2.2. Unión y ensamblaje

Las uniones de los tableros se pueden realizar de muy diversas formas, a *inglete*, a *tope*, a *ranura y falsa espiga*, a *falsa lengüeta*, en *cola de milano* (esquema 9), pero los procedimientos más utilizados son los basados en *encastre*, *falsa espiga*, *tornillo* y *herrajes*.

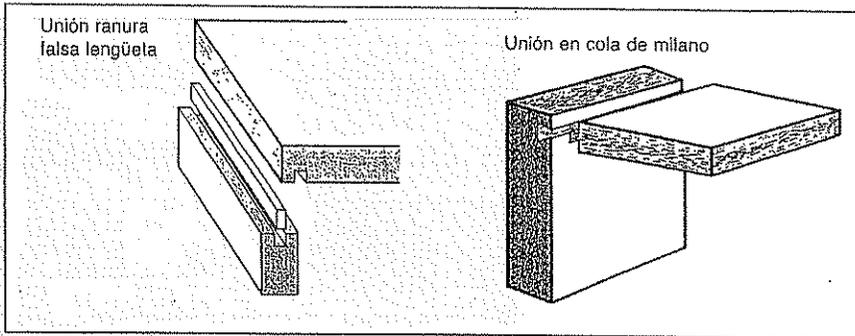
ESQUEMA 9
Uniones de tableros



Fuente: Vignote (1995).

ESQUEMA 9 (cont.)

Uniones de tableros



Fuente: Vignote (1995).

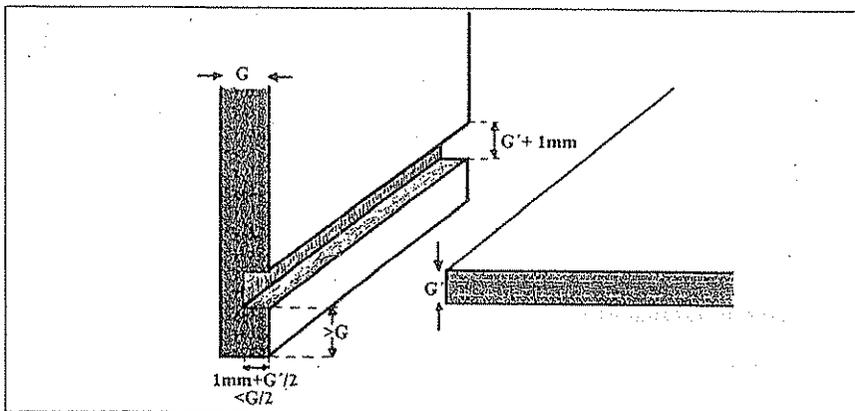
Unión por encastre

Es la unión más típica en baldas y en los fondos de los cajones (esquema 10). Sea un tablero soporte de grueso G y un tablero de encastrar de grueso G' , la unión se basa en realizar en el tablero soporte una ranura con las siguientes características:

- Anchura de la ranura $G' + 1$ mm.
- Fondo de la ranura $1 \text{ mm} + G'/2$ pero siempre $< G/2$.
- Situación de la ranura $\geq G$ de la arista del tablero soporte.

Es muy importante respetar las tolerancias, tanto en grueso como en fondo para permitir el normal movimiento de los tableros.

ESQUEMA 10
Características de la unión por encastre



Fuente: Vignote (2005).

Unión por perno, falsa espiga o taco

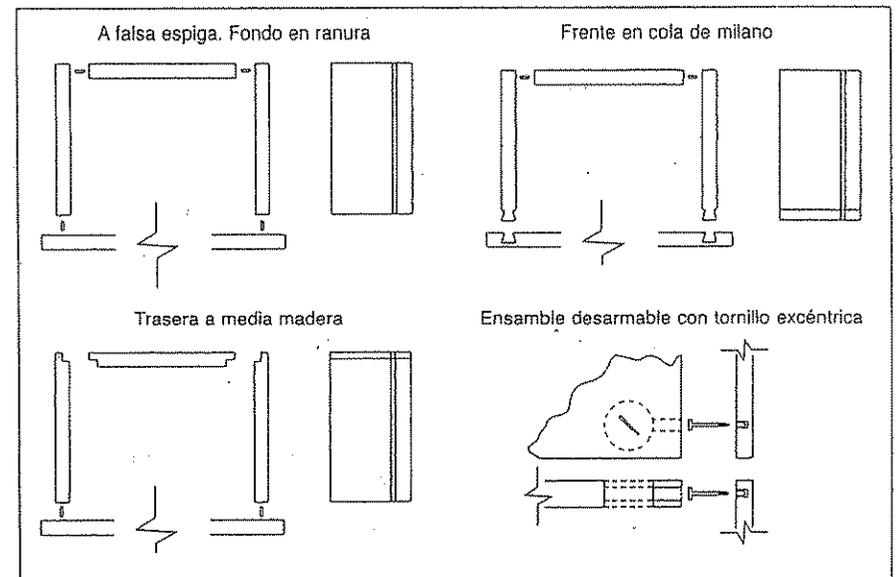
El ensamblaje con falsa espiga o taco (similar sería el de galleta), se realiza sobre la base de una mecanización previa de los taladros, con el diámetro similar al de la falsa espiga y con una profundidad de 1 ó 2 mm, más largo que ésta, para permitir alojarse el sobrante de cola. Por esta misma razón, la superficie del tablero, en la zona del orificio, suele avellanarse.

Los diámetros de las espigas aconsejables para cada tipo de tablero son los indicados en la tabla 1 siguiente:

TABLA 1
Diámetro de espiga a utilizar en las uniones de tableros

Grueso del tablero (mm)	Diámetro de la espiga (mm)
26 a 30	14
22 a 25	12
18 a 21	10
15 a 17	8
12 a 14	6

ESQUEMA 11
Ensamblajes en cajones



Fuente: Vignote (1995).

La situación del centro de los taladros en el tablero debe guardar al menos las siguientes distancias:

— En la cara:

Distancia a la esquina 25 mm.

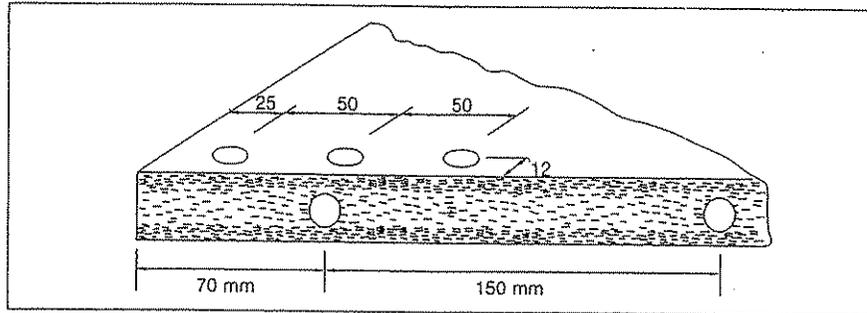
Distancia al borde 12 mm.

— En el canto:

Distancia a la esquina 70 mm.

Distancia entre taladros 150 mm.

ESQUEMA 12
Situación de los taladros en los tableros



Fuente: Vignote (1995).

En general las distancias que se utilizan son distancias múltiples de 32 mm, en base a la cual se ha desarrollado maquinaria para la realización de los taladros así como toda una industria complementaria basada en este sistema modular. Así, las distancias de los taladros en los herrajes aplicables a los tableros tienen una distancia de 32 ó 64 mm.

Los equipos utilizados para realizar los taladros a los tableros son las taladradoras y perforadoras, que se comercializan en múltiples tamaños, desde taladros simples sobre mesa-carro portatableros, a taladros múltiples en donde se disponen de peines de taladros en distintas posiciones respecto del tablero, para poder realizar taladros tanto en cantos, como en testas, como en la propia superficie del tablero. Los sistemas más desarrollados son los taladros de control numérico, también denominados taladros punto a punto, en donde el taladro o peine de taladros se sitúa en las posiciones X, Y y Z preestablecidas para cada trabajo a realizar.

Es un defecto bastante común el obtener taladros de sección elíptica como consecuencia de forzar la velocidad de penetración de las brocas y del mal estado de mantenimiento de la herramienta. El problema de este defecto está en la pérdida de resistencia de la unión y en el rechazo al empernado automático.

Como siempre, la ventaja más importante de las máquinas de control numérico es la rapidez de cambio de las posiciones de los taladros, por eso son las máquinas recomendadas

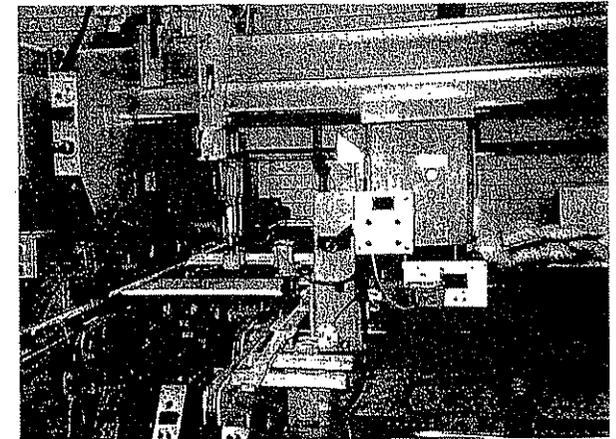
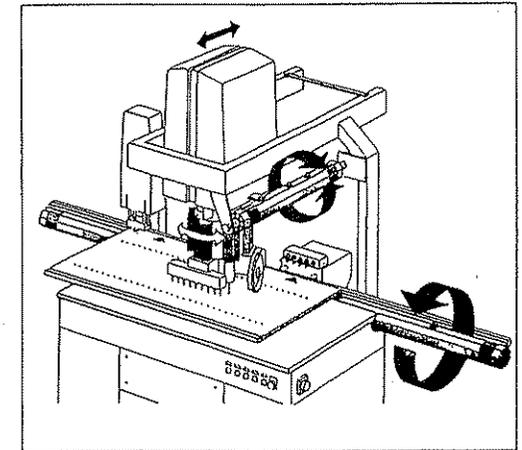


Foto 15.—Taladro múltiple.

ESQUEMA 13
Taladro CNC o taladro punto a punto



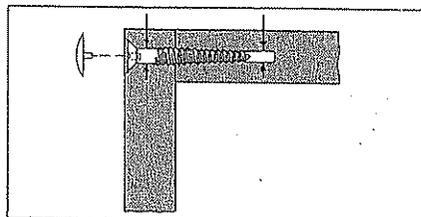
para cuando se tienen series de trabajo relativamente pequeñas. En series grandes, el tiempo de regulación de las nuevas posiciones de los taladros, quedan compensados por su mayor rapidez.

A continuación de la taladradora, se puede disponer de una máquina encoladora colocadora de las falsas espigas.

Unión por tornillos

La unión por tornillos también es frecuente, pero al igual que en el caso anterior, se deben utilizar tornillos con rosca hasta la cabeza, con perfil de las aletas lo más paralelo posible, además los tornillos se deben situar sobre la base de un taladro previo de grueso el 85 al 95% del diámetro del tornillo y con una longitud de al menos 1 mm de más que la longitud del tornillo.

ESQUEMA 14
Unión tornillo pretaladro



En la tabla 2 se indican las características del tornillo y la resistencia a su arranque según el tipo de tablero.

TABLA 2
Características de los tornillos para tableros

Calibre del tornillo (mm)	Diámetro del tornillo (mm)	Diámetro del orificio gúfa (mm)	Profundidad de la inserción (mm)	Tablero de partículas Resistencia a la tracción (kg/cm ²)		Tablero de fibras Resistencia a la tracción (kg/cm ²)	
				Cara	Canto	Cara	Canto
4	2,9	1,5	12 20	500 800	200 350	1.000 1.600	550 850
6	3,5	2	14 25	600 1.000	275 550	1.200 2.000	650 1.400
8	4,1	2,5	16 29	700 1.300	350 750	1.400 2.700	850 1.800
10	4,9	3	20 34	1.100 1.800	550 1.000	2.200 3.600	1.400 2.200

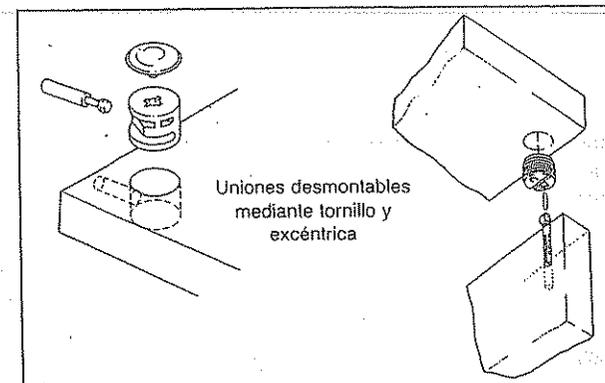
Como puede apreciarse en la tabla, la resistencia al arranque de tornillo de los cantos es alrededor de la mitad de la cara, por lo que la unión mediante tornillos se suele sustituir por tornillo-tuerca. La tuerca se enrosca en el taladro realizado en la cara del tablero que recibe al tornillo. De esta forma en lugar de trabajar el canto del tablero trabaja la cara, ganando en resistencia.

Unión por herraje desarmable

Existe una multitud de herrajes que se utilizan para realizar uniones de tableros que tienen como característica que puede desarmarse si se quiere deshacer la unión. En todos ellos se busca que en las uniones trabajen las caras de los tableros.

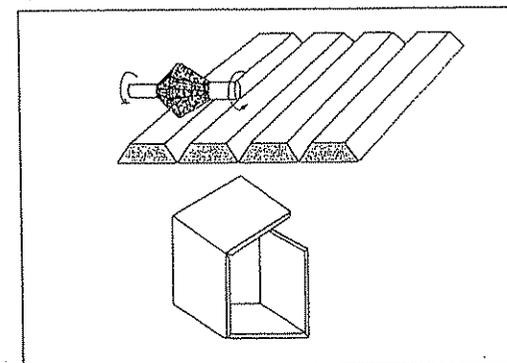
De todos los sistemas de herrajes desarmables existentes, el más extendido es el de tornillo-excéntrica (esquema 15), en donde en una parte de los tableros a unir se inserta el tornillo, mientras que en otro elemento se coloca la excéntrica en la cara y se realiza un taladro en el canto por donde se unirá con el tornillo. Introducido el tornillo en la excéntrica se gira ésta un cuarto de vuelta, quedando el tornillo apretado en la excéntrica.

ESQUEMA 15
Ensamblaje desmontable



Fuente: Vignote (1995).

ESQUEMA 16
Sistema folding



Fuente: Vignote (1995).

Un sistema de ensamblaje un tanto especial es el sistema denominado Folding o de plegado (esquema 16), caracterizado por realizarse, primero un fresado del tablero, dejando un corte a inglete en las dos partes, sin llegar a cortar el recubrimiento inferior del tablero.

Realizados los 4 cortes al tablero, a las distancias apropiadas, se aplica la cola en los ingletes y se dobla el tablero formando el cuerpo del mueble.

3. REVESTIMIENTOS DE TABLEROS

3.1. Revestimiento de caras

3.1.1. Caso de caras con superficie plana

Ya se indicó anteriormente que el tablero, tanto de partículas como de fibras busca revestirse para mejorar su apariencia, tanto con papeles, chapas o plásticos. La tecnología de la unión tiene dos fases, una primera de encolado, mediante el extendido de los adhesivos en las superficies a unir, y una segunda de prensado del revestimiento contra su soporte.

Encolado: La tecnología del encolado para revestimientos se basa primero en seleccionar el adhesivo y después aplicarlo mediante el extendido.

El adhesivo que más se suele utilizar es el de urea-formaldehído. Sólo cabe algunas excepciones como es el caso de recubrimientos de PVC en cuyo caso se utilizan adhesivos de poliuretano o cuando se quiere revestir con una chapa metálica, o incluso con cerámica, en cuyo caso o se utiliza el poliuretano o los epoxídicos.

Artesanalmente se han utilizado pegamentos de contacto, pero su resultado no es bueno tanto por su escasa resistencia a la delaminación, como por su mal comportamiento al calor seco y húmedo.

También es frecuente industrialmente utilizar adhesivos de acetato de polivinilo, pero no tiene mucha justificación, la única ventaja es la sencillez de su tecnología (no es necesario preparar el adhesivo y necesita menos calor y presión para su polimerización). Se ha comprobado que con estos tipos de adhesivos los ensayos de resistencia al calor y al calor húmedo los supera difícilmente, provocando desencolados y con ello el que aparezca ampollas en la superficie.

El extendido del adhesivo se suele realizar sobre sólo una de las partes a unir (normalmente sobre el tablero a revestir) utilizando encoladoras de rodillo y excepcionalmente (caso de adhesivos de poliuretano o los de contacto) se realiza mediante pistolas de pulverización.

La encoladora de rodillos consta de dos rodillos encoladores, normalmente metálicos o en casos más excepcionales metálicos con cubierta de caucho. En ambos casos los rodillos están estriados.

Los rodillos poseen los ejes exactamente paralelos y unidos a un motor que les hacen girar a la misma velocidad entre los 20 y los 50 m/min, en dirección contraria.

La distancia entre rodillos puede graduarse, en función del grueso de los productos a encolar.

Los rodillos están en contacto con sendos depósitos de cola. Estos depósitos tienen la posibilidad de un ligero desplazamiento respecto del rodillo encolador, de forma que se puede regular la cantidad de cola que transfiere a éstos.

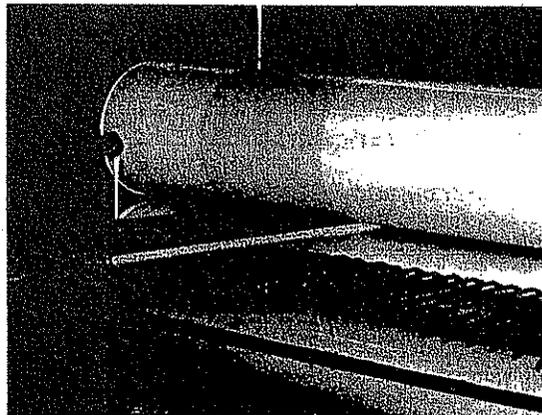
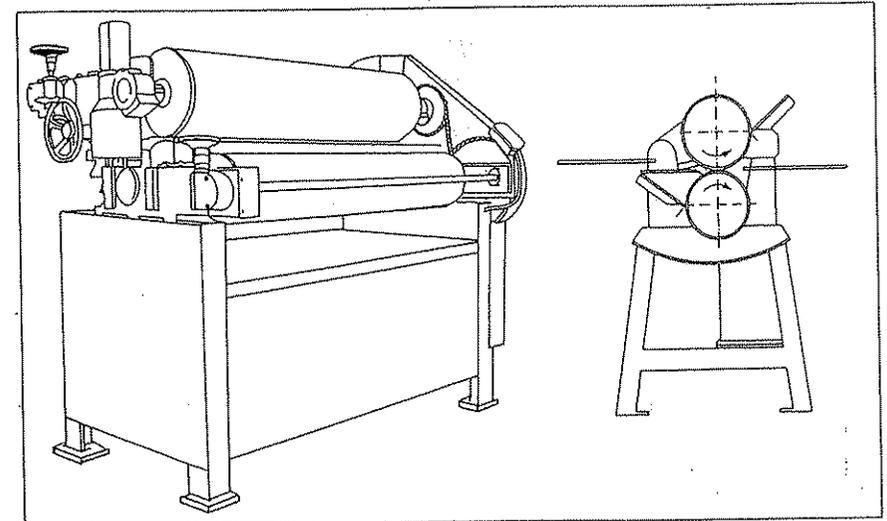


Foto 16.—Encoladora de rodillos.

ESQUEMA 17
Encoladora de rodillos



Fuente: Peraza (1970).

La máquina se completa con un depósito inferior de cola, donde se recoge la cola que pueda caer, pudiéndose reciclar de nuevo.

La regulación del encolado es la siguiente: Se cargan los depósitos de cola y se establece a priori una distancia entre rodillos, un poco menor al grueso de las piezas a encolar. También se pone una distancia entre depósitos de cola y rodillos encoladores. Situados estos parámetros se realiza una prueba de encolado, pudiendo ocurrir:

- Que sólo parte de la superficie tenga cola. Esta circunstancia puede ser debido a que no pasaban suficiente cola a los rodillos encoladores. Debe aumentarse la distancia entre los rodillos y los depósitos encoladores.
- Que toda la superficie a encolar tenga cola, pero rebese mucha cola de los rodillos encoladores. En este caso se deben aproximar más los depósitos encoladores a los rodillos.
- Que toda la superficie a encolar tenga cola y que no rebese demasiada cola. En este caso, la distancia entre rodillos y depósitos es correcta, pero se debe comprobar si la dosificación dada es la correcta. Para ello se debe pesar antes y después de la prueba, la superficie a encolar. La diferencia de peso entre ambos estados ($P_2 - P_1$), dividido por la superficie encolada (S), debe coincidir con la dosificación programada (D).
- Si la dosis dada es mayor que la programada, se deben aproximar más los rodillos encoladores.
- Si la dosis dada es menor que la programada, se deben separar más los rodillos encoladores.

Regulada la encoladora, se realiza el extendido sobre las superficies a unir.

Cada vez que se cambie el tipo de cola, o la dosificación, se debe regular de nuevo la encoladora.

El encolado por pulverización utiliza pistolas que pulverizan el adhesivo, bien por el efecto Venturi de una corriente de aire o bien por presión en el depósito del pegamento al igual que las pistolas de barnizado de la madera.

Prensado: Tiene como función facilitar el contacto entre la madera y el adhesivo así como facilitar la polimerización de éste. La máquina donde se realiza el prensado es la prensa, que para este caso particular es de platos planos. Complementariamente a la presión, las prensas aportan calor para acelerar el proceso de fraguado del adhesivo.

Si bien existen muchos tipos de prensas manuales (por tornillos, por excéntricas, por gravedad u otros), el tipo de prensa más utilizada es la accionada por un pistón hidráulico que además tiene un sistema que proporciona calor.

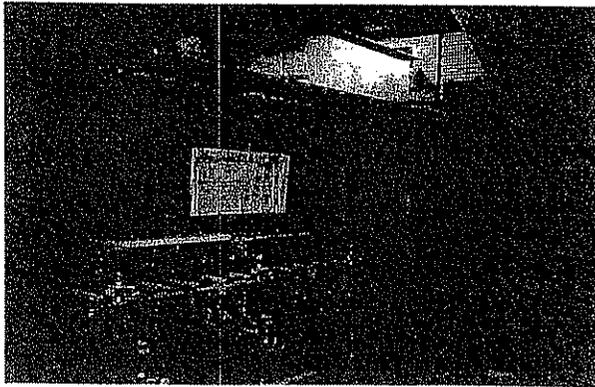


Foto 17.—Prensa manual.

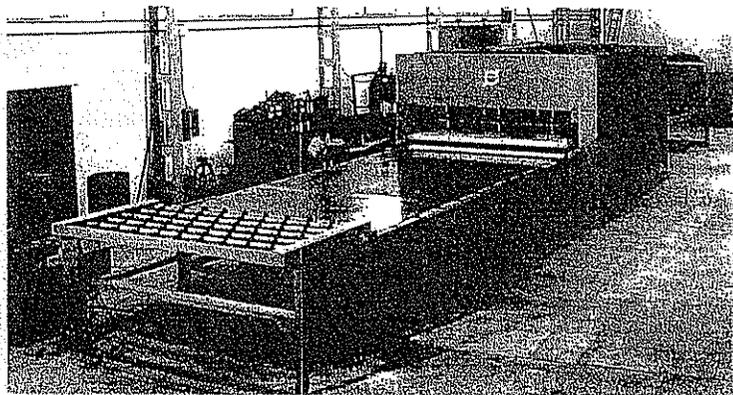


Foto 18.—Prensa hidráulica.

La prensa más sencilla dispone de dos platos, uno superior fijo a la estructura, y otro inferior unido a uno o varios pistones hidráulicos. Este pistón es alimentado por un aceite hidráulico, alimentado por una bomba hidráulica que permite realizar una presión p . Si s es la superficie de los pistones y S la superficie del tablero que se quiere encolar, la presión P que se ejerce sobre el tablero será la relación entre la superficie a encolar y la suma de las secciones de los cilindros hidráulicos. $P = s \cdot p/S$.

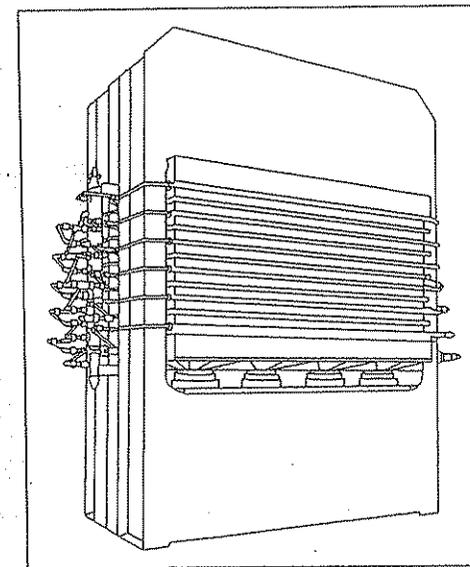
Debe tenerse en cuenta que una presión normal debe oscilar alrededor de los 10 kg/cm^2 , por tanto, para obtener 1 m^2 de superficie, la fuerza en el pistón debe ser de 100.000 kg .

Prensas más complicadas disponen de platos múltiples, para poder prensar simultáneamente varios productos. En estos casos, se suele disponer de un dispositivo que cierre simultáneamente todos los platos a la vez. Además se dispone de un cargador y descargador de la prensa para evitar al máximo la pérdida de tiempo.

La mayoría de las colas sintéticas empleadas necesitan para su fraguado una temperatura muy importante (generalmente superior a $100 \text{ }^\circ\text{C}$), que se le debe suministrar durante el prensado. Por esta razón, los platos de la prensa suelen estar calefactados, bien por resistencias eléctricas, en casos muy excepcionales, o como suele ser más corriente, por tubos calefactados por agua caliente o por vapor recalentado, aceite térmico o taladrina.

Las prensas con calefacción por radiofrecuencia no tienen justificación en los recubrimientos de tableros, dado que el escaso espesor de los revestimientos (no suelen superar el 1 mm de espesor) hace que el tiempo que tarda el calor en llegar a la línea del adhesivo sea de escasamente 1 min .

ESQUEMA 18
Encoladora de rodillos



Fuente: AITIM (1970).

Los revestimientos más utilizados en la industria son los siguientes:

A base de chapas de madera

El proceso de revestimiento se realiza encolando el tablero por ambas caras, con adhesivo de urea-formaldehído al que se suele añadir un colorante similar en color al de la chapa que se va a colocar (así se evita que se puedan transparentar los defectos del tablero a revestir). Se le superpone al tablero por ambas caras, las chapas del revestimiento y se pasa a una prensa de platos calientes, donde se somete a temperatura de entre 60 y 98 °C y presión de 5 kg/cm², buscando fraguar el adhesivo en menos de 1 min.

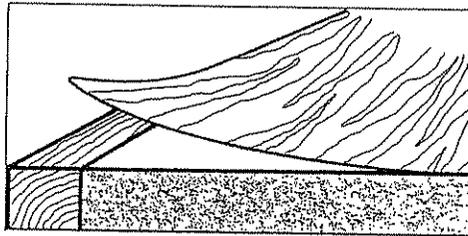
Prensados en frío producen problemas, primero porque la cola debe formularse con más agua y segundo durante el elevado tiempo de fraguado de la cola, puede atravesar la chapa y producir manchas en la superficie. Además la productividad baja enormemente, a pesar de poder prensar simultáneamente una multitud de tableros.

Si el rechapado es a canto oculto, debe tenerse en cuenta que el tablero se comprime más que la madera maciza del canto, por lo que existe el peligro de que se manifieste al exterior, con mayor riesgo cuanto más blando sea el tablero y más dura sea la madera.

Las características de resistencia de este rechapado dependen del acabado que se le aplique.

ESQUEMA 19

Revestimiento de tablero de canto oculto



Fuente: Vignote (1970).

A base de papeles decorativos impregnados

El revestido del tablero se realiza a base de pegamentos de poliuretanos de fraguado rápido y en frío. Los adhesivos termofusibles originan muchos problemas al papel a causa de su color. Si el papel no está acabado (folios post-impregnados) su acabado es más sencillo y con menor gasto que con chapas de maderas (la superficie es muy poco absorbente).

A base de papeles plásticos decorativos de baja presión: papeles de melamina

En este caso, lo primero que debe tenerse en cuenta es la dificultad de manejo del laminado por su fragilidad. Esto supone que el recubrimiento sólo se realiza en empresas de cierto tamaño y con buen desarrollo tecnológico. Es muy común que se realicen en las mismas fábricas de tableros.

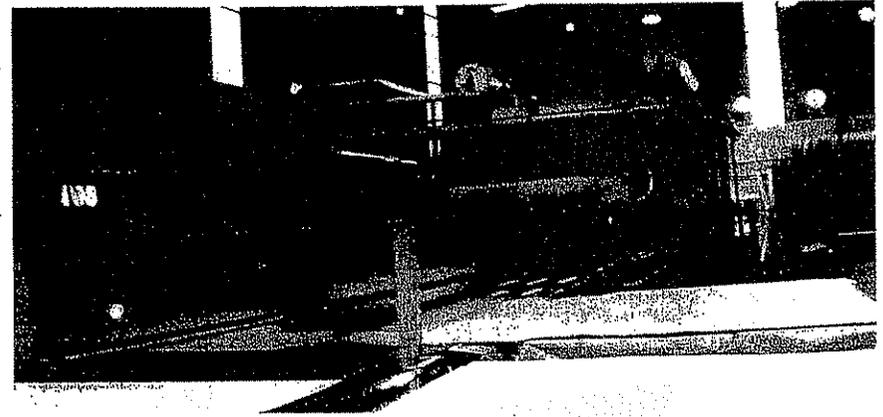


Foto 19.—Prensado con recubrimiento de melamina.

El encolado no es necesario realizarlo, pues el papel ya está preencolado y el adhesivo se vuelve a reactivar suministrando calor al papel. Por ello, el proceso de revestimiento consiste en superponer el papel al tablero, introducirlo en la prensa en donde se aplican temperaturas de entre 170 y 180 °C y presiones de entre 70 y 80 kg/cm².

Si se quiere obtener tableros de melamina con poro químico, a la prensa se le debe incorporar los contramoldes del poro que se quiere proporcionar.

A base de laminados plásticos decorativos de media presión

El encolado se realiza de la misma forma que con chapa de madera, la diferencia está en el prensado. Al ser el laminado continuo, se utilizan prensas de calandras.

A base de laminados plásticos decorativos de alta presión

Al contrario que el anterior revestimiento, éste es perfectamente manejable, por lo que cualquier empresa puede acometer la realización de la operación.

La operación de revestimiento se realiza igual que con chapa de madera, es decir, encolando el tablero en encoladoras de rodillos, superponiendo el laminado por ambas caras e introducirlo en prensas de platos calientes.

Existe un procedimiento especial, denominado post-forming, que con el mismo laminado de revestir las caras se reviste el canto, como posteriormente se detallará.

A base de láminas de PVC

Dado que este revestimiento se utiliza por la posibilidad de recubrir simultáneamente una cara y los 4 ca-

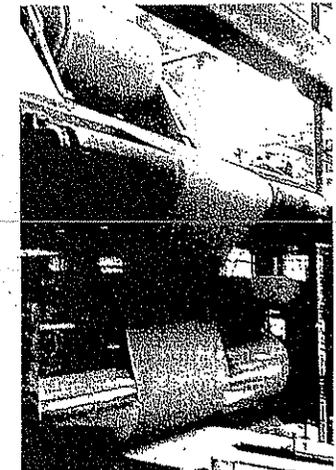


Foto 20.—Prensado en continuo.

nos del tablero, el proceso se describirá posteriormente al desarrollar el proceso de postformado de los cantos.

3.1.2. Caso de caras curvas

En algunos casos un tanto especiales, como es el caso más representativo de los somieres de las camas, el producto obtenido después de la unión tiene una forma curva.

En este caso, el extendido se realiza de la misma forma que en el caso de caras planas. Para el prensado, se utilizan platos que forman el molde y contramolde de la superficie que se pretende obtener.

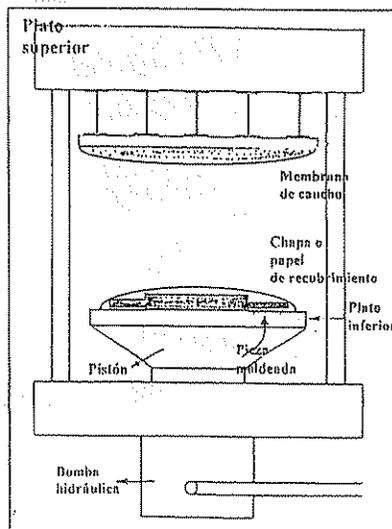
Un caso especial, bastante frecuente en la industria de carpintería y mueble, es el rechapado de productos con caras situadas a diferente nivel. En este caso una vez realizado el extendido en la chapa, y situada ésta en la superficie a rechapar, se pasa a la prensa denominada de membrana. Las características de esta prensa se describen en el capítulo del curvado de la madera.

En la actualidad se han desarrollado prensas de membrana acopladas a prensas de platos, adaptadas para el rechapado de pequeñas superficies curvas. Estas prensas llevan entre los platos y los productos a rechapar una pieza gruesa de caucho, sobre la que incide, además de la presión de la prensa, la presión de aire, que obliga al caucho a adaptarse a la forma de la pieza a recubrir.

3.2. Revestimiento de cantos

3.2.1. Sistemas postforming

Son sistemas en que el canto está formado por el mismo material utilizado en el revestimiento de las caras. El caso más generalizado es el realizado con laminados plásticos decorativos de alta presión dado su mayor grosor, pero en los últimos años se está postformando



ESQUEMA 20

Prensa de membrana, para pequeñas superficies curvas

Fuente: Nutsch (1989).

mediante laminados plásticos de baja presión. Además de estos sistemas debe mencionarse el postformado total (los 4 cantos del tablero) que se realiza mediante laminados de PVC.

En todos ellos es necesario dar forma al canto buscando evitar ángulos muy vivos.

Postformado con laminados plásticos decorativos de alta presión

El postformado se inicia con el revestimiento de la cara dejando un sobrante a lo largo de todo el tablero de una anchura suficiente para recubrir el canto del tablero, que previamente se le ha dado una determinada forma.

Revestida la cara se encola, bien por pulverización o bien por rodillo el canto del tablero y a continuación se somete al laminado a un proceso de calentamiento mediante lámparas de infrarrojos y a su doblado progresivo hasta incidir sobre el canto, presionando el conjunto con rodillos de presión.

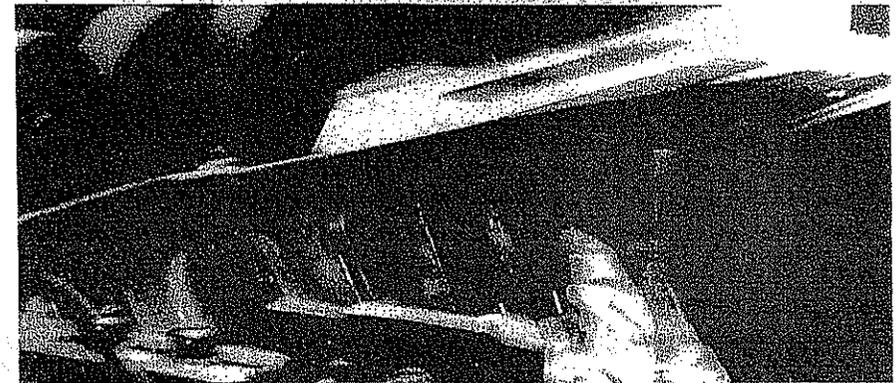


Foto 21.—Postformado de laminados de alta presión.

Postformado con laminados de melamina

En este caso el proceso de revestimiento de la cara es independiente del canto. El tablero revestido por la cara es obligado a pasar por una fresa que desbasta el tablero, dándole la forma deseada, dejando el recubrimiento al aire. A continuación se inyecta pegamento al canto en la zona de inserción del canto a la cara, en donde se ha realizado un pequeño rebaje y todo ello para amortiguar el ángulo de doblado del laminado. Por último se calienta con lámparas infrarrojas a la vez que se va doblando el laminado hasta hacerlo incidir sobre el canto, presionando a todo el conjunto con rodillos de presión.

Postformado con laminados de PVC

Como ya se indicó anteriormente este plástico tiene la ventaja de poderse dar de sí con el calor, con lo que tiene la posibilidad de recubrir la cara del tablero y los 4 cantos. Incluso la cara del tablero puede estar trabajada mediante desfonde perdiendo su planitud, y el laminado puede adaptarse perfectamente a las formas que puede tener el tablero.

El proceso de postformado se realiza simultáneamente al de revestimiento de las caras, incluso es normal que se revistan varios tableros completamente preparados simultánea-

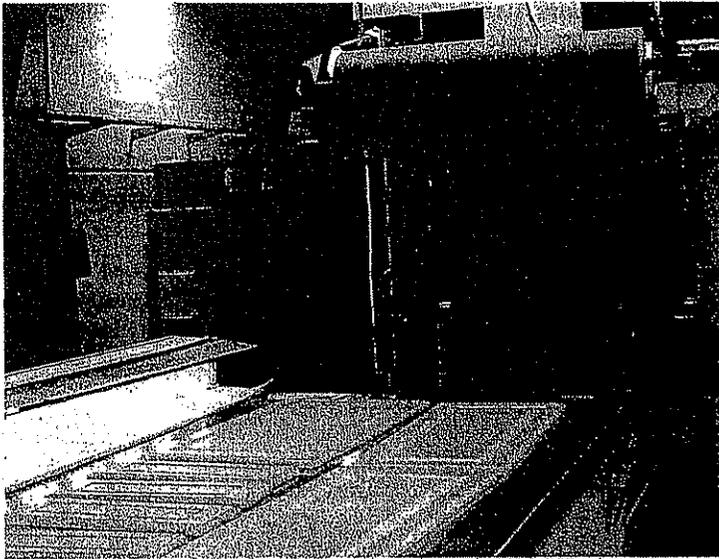


Foto 22.—Aspecto general de una prensa de PVC.

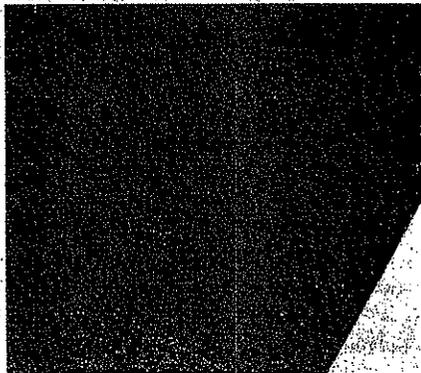


Foto 23.—Tablero postformado con PVC.

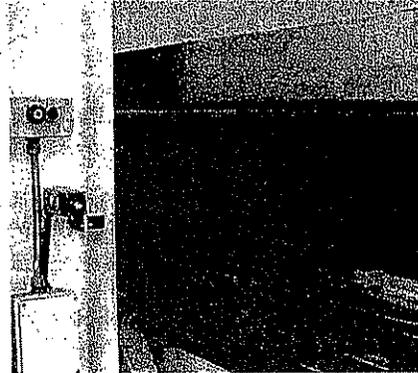


Foto 24.—Prensa de postformado de PVC.

mente. El laminado de PVC o como va siendo más normal, sobre el tablero ya mecanizado, se encola por pulverización mediante adhesivos de PVC (normalmente poliuretanos) dejándose durante varias horas al aire para evaporación del disolvente, pasando a continuación a una prensa de tipo membrana, en donde se colocan primero los tableros, a continuación el revestimiento, realizándose primero un calentamiento para reblandecimiento del plástico, unido a un vacío entre ambos para conseguir que el plástico se vaya adaptando a los tableros, a continuación se ejerce presión con la prensa de membrana, proporcionando el calor y la temperatura necesaria para su fraguado.

Por último se abre la prensa y con una cuchilla se separan los tableros revestidos del resto del laminado.

3.2.2. *Sistemas softforming*

Son los sistemas en que recubrimiento del canto se realiza de forma independiente al revestimiento de las caras, incluso puede realizarse con otro material diferente al de la cara.

Caso de rechapados

En el caso de rechapados, después de chapar las caras del tablero, es necesario chapar los cantos para lo que se utilizan las denominadas encoladoras de cantos o con menos frecuencia, pero quizás con más acierto, las chapadoras de cantos.

Estas máquinas son quizás las protagonistas de muchas de las fábricas de muebles (caso de muebles de cocina, baño, muebles de oficina, muebles por elementos, y mueble moderno), dado que estas fábricas se reducen a despiezar el tablero ya rechapado, realizar el rechapado de los cantos, perfilado mediante taladro de los puntos de ensamble, colocación de falsas espigas y herrajes y por último, si es que se realiza en fábrica (en muchos casos no para ahorrar transporte), ensamblaje de los elementos.

Los tipos de máquinas existentes varían según si el canto a rechapar es recto o curvo, o según el tipo de cola empleado en el encolado, o también según rechapan uno o dos cantos simultáneamente.

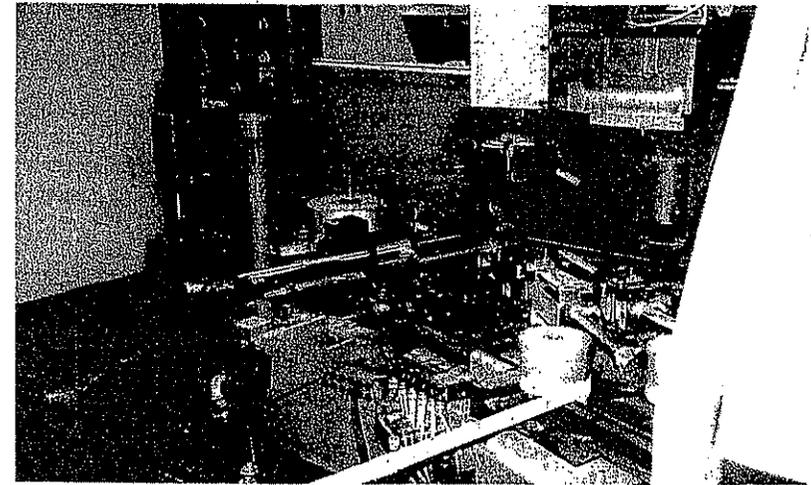


Foto 25.—Rechapadora de cantos.

Caso de rechapado de cantos rectos

Estas máquinas están formadas por un bastidor sobre el que van montado el conjunto de encolado y con mucha frecuencia se añade un grupo que realiza el acabado de los cantos. El grupo de encolado está formado por los elementos siguientes:

- Alimentador de tableros a rechapar.
- Alimentador de cubrecantos.
- Encoladora.
- Elementos de presión.
- Alimentador de tablero: Consta de unas cadenas situadas por debajo del tablero, y de un rodillo alimentador, situado en su parte superior. Este rodillo puede variarse de altura en función del espesor de cada tablero.
- Alimentador del cubrecanto: Se suelen utilizar dos tipos de cubrecantos, bien de listones de madera maciza (normalmente hasta 20 mm de anchura, y espesor el del tablero), o bien chapas de madera o productos plásticos (tacón, PVC). En el primer caso, el cubrecantos se almacena en una mesa dispuesta tangencialmente al rodillo de alimentación, que lo hacen mover sincronizadamente hacia el rodillo de presión, con el tablero que entra gracias a una disposición especial de finales de carrera.

En el caso de cubrecantos de chapa de madera, tacón o PVC, estos se almacenan en bobinas, por lo que es necesario disponer de una cuchilla, que sincronizada con la longitud de los tableros a recubrir, corta la bobina. La alimentación también se realiza con rodillo, pero en este caso, debido a la falta de rigidez del producto, se necesita una guía que obligue al cubrecanto a dirigirse al rodillo de presión.

En ambos casos, los cubrecantos se unen al tablero, un instante después de que éste se ha encolado y un instante antes de que actúe el primer rodillo de presión. Cuanto menor sea el tiempo transcurrido entre estas fases, mejor será la calidad del encolado.

Antes de pasar a otro elemento de la máquina, se debe tener en cuenta que las máquinas que emplean adhesivos de acetato de polivinilo, el cubrecanto debe estar preencolado y que se debe reactivar esta cola mediante temperatura, en el espacio que existe entre el rodillo de alimentación del cubrecanto y el rodillo de presión. Para ello, se inyecta aire a alta temperatura.

- Encolador: Consta de un depósito de cola y de un rodillo encolador. Las características de la encoladora dependen del tipo de adhesivo que se utilizará.

Si el adhesivo es del tipo Hot Melt (termofusible), el depósito posee una capacidad de 8 a 11 l. disponiéndose a un nivel inferior al del tablero a chapar. Posee un régimen de calefacción muy preciso, según dos temperaturas, la de funcionamiento que oscila entre 190 y 230 °C, según la calidad de la cola, y la de mantenimiento de 125 °C. Debe tenerse en cuenta que una oscilación de 10 °C, puede suponer la descomposición de la cola, cuando es por exceso, o bien la falta de adherencia por prefraguado previo, cuando es por defecto.

Si el adhesivo es de acetato de polivinilo, el depósito no dispone de sistema de calefacción.

El rodillo encolador consta de dos partes, una introducida en el depósito de cola, con forma de tornillo sinfín, que hace subir al adhesivo hasta el rodillo encolador propiamente dicho. El rodillo encolador está igualmente estriado, para que la cola se re-

MANOLITO
FOTOCOPIAS
 Diagonal 78 Nº 853

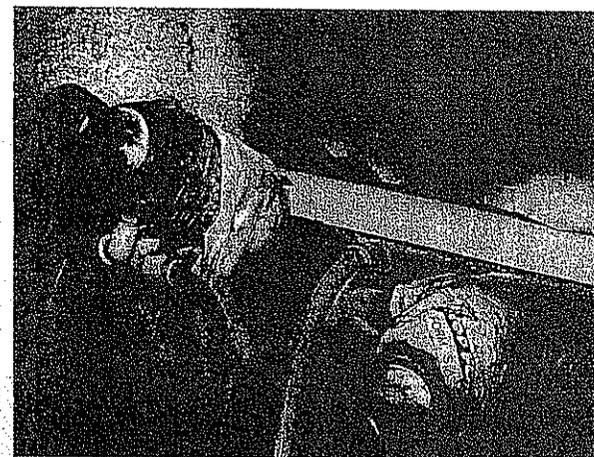


Foto 26.—Encolado por pulverización.

parte en toda su superficie. La velocidad del rodillo encolador está sincronizada a la de avance del tablero.

En el caso de adhesivos de acetato de polivinilo, el encolado se puede hacer también por pulverizado de una pistola neumática. En este caso para evitar que manche las caras del tablero, estas van recubiertas por dos bandas de deslizamiento, dispuestas en los bordes de las caras.

- El grupo de presión para el caso de cantos rectos y encolado por colas Hot Melt, está integrado por un primer rodillo cilíndrico de gran diámetro que fija perfectamente el cubrecanto al canto, y presiona mediante acción neumática. Después de este rodillo, existen otros tres encargados de mantener la presión hasta que fragüe el adhesivo por enfriamiento.

Si el encolado es con adhesivo de acetato de polivinilo en lugar de seguir 3 rodillos de presión existen 6 ó 7, entre los que se intercalan lámparas de luz infrarroja para suministrar la temperatura necesaria para el fraguado de la cola.

La rechapadora de cantos suele contar con un grupo de acabado formado por dos fresas que eliminan el exceso de la anchura de canto, dos sierras que eliminan el exceso de longitud del canto y un grupo de lijado, que en el caso de que los cantos sean de listones de madera, los deja perfectamente lijado.

Caso de rechapado de cantos curvos

En esencia las máquinas que rechapan cantos curvos son similares a las máquinas de rechapado de cantos rectos, con la diferencia de que antes de colocar el canto, el tablero es perfilado mediante una fresadora y que una vez colocado el canto, los rodillos de presión se multiplican por tres de forma que cada rodillo ejerza su acción sobre una parte del perfil del canto. Estos rodillos de presión son muy pequeños, y se les puede inclinar y variar de posición en función del perfil que se quiera aplicar.

ESQUEMA 21

Secuencia de rechapado de cantos curvos

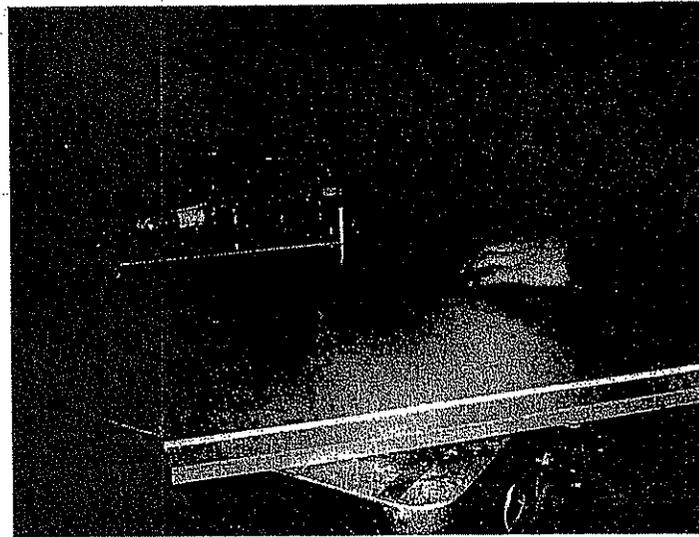
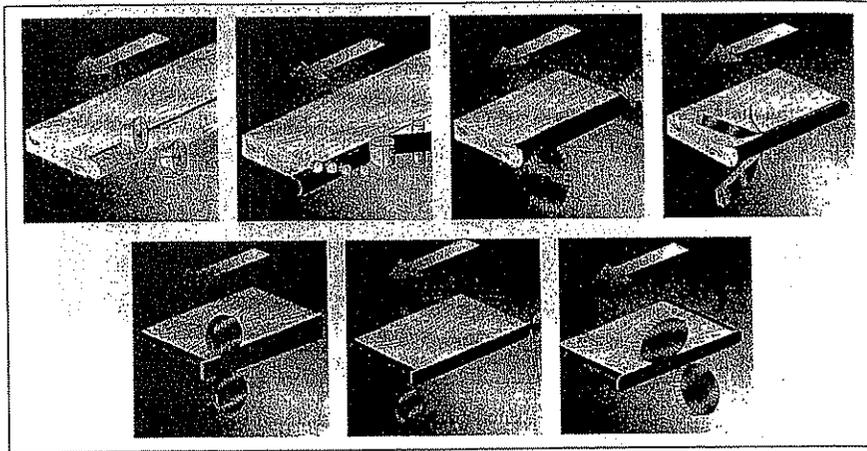


Foto 27.—Rechapado de cantos interiores y en ángulo.

Caso de rechapado de cantos interiores y en ángulo

Aunque existen máquinas de control numérico que pueden hacer automáticamente este trabajo, se suele recurrir a pequeñas máquinas manuales como la que se indica en la figura. En este caso el operario va deslizando el tablero contra un pequeño rodillo al que se ha hecho llegar el canto encolado mediante adhesivos termofusibles.

BIBLIOGRAFÍA

- ALVAREZ DE PRADO, B. (1994): *Tableros de fibras de densidad media*. Ed.: Escuela Universitaria de Ingeniería Forestal, Madrid, 15 págs.
- CTBA (1983): *Dossier panneaux*. Ed.: CTBA, París, 230 págs.
- CTBA (1993): *MDF - Guide d'utilisation*. Ed.: CTBA, París, 160 págs.
- DICK WOOD, A. (1963): *Plywood of the world*. Ed. Johnston and Bacon LTD, London, 487 págs.
- FONDRONNIER, J. y GUILLERM, J. (1970): *Manual de la desenrolladora, comprobación y reglajes*. Ed. AITIM, Madrid, 70 págs.
- GARCIA, L.; GUIDO, A. y LAÍN L.C. (1991): *Trabajabilidad de cantos de tableros de partículas*. Ed. AITIM, Madrid, 125 págs.
- GARCÍA, L. et al. (2002): *La madera y su tecnología: aserrado, chapa y tablero contrachapado, tableros de partículas y de fibras, tableros alistonados, OSB y LVL, madera laminada. Carpintería industrializada, tecnología del corte y de la aspiración*. Ed FUCOVASA, Mundi-Prensa, 336 págs.
- GINZEL, W. y PERAZA, C. (1966): *Tecnología de tableros de partículas*. Ed. IFIE, Madrid, 185 págs.
- MIRANDA, M. (1990): *Manual del desarrollo*. Ed. AITIM, Madrid, 54 págs.
- NUTSCH, W.: *Tecnología de la madera y del mueble*. Ed. Reverté S.A., Barcelona, pp. 162-167
- PERAZA, C. (1957): *Colas o adhesivos para madera*. Ed. ETSIM, Madrid 1957, 235 págs.
- ORTIZ, J. (1989): *Encolado de cantos con colas termofusibles*. Ed. AITIM, Madrid, 52 págs.
- VIGNOTE, S. (1983): *Las chapadoras de cantos*. Ed.: Boletín de AITIM, nº 112-113, Madrid, 5 págs.
- VIGNOTE, S. (1986): *Apuntes de tecnología general de productos maderales*. Ed. ETSIM, Madrid, pp. 74-130.