



Ing. Forestal Natalia De Cristófano  
Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales  
**Universidad Nacional de La Plata**

## MADERA LAMINADA

### 1) Definición y Tipos

La madera laminada se define como la unión de tablas o láminas a través de sus cantos, caras y extremos, con sus fibras en la misma dirección, conformando un elemento no limitado en escuadría ni en largos, y que funciona como una sola unidad estructural.

Los elementos de madera laminada están formados por un determinado número de láminas (tablas), ubicadas paralelamente al eje del elemento. Las láminas, que pueden estar constituidas por una o más tablas unidas de canto, presentan sus fibras paralelas al largo de la pieza.

La unión de las láminas se produce con un adhesivo específicamente formulado.

Los adhesivos empleados son a base de urea formaldehído, urea resorcinol y urea melamina, todos de dos componentes y de curado en frío, entendiéndose por tales los productos en los cuales la reacción de catalización de la resina se produce por la acción de un componente agregado a la mezcla base.

Los adhesivos vinílicos no son aptos para la fabricación de madera laminada estructural porque no resisten las solicitudes habituales de los elementos estructurales.

El adhesivo de urea formaldehído es el más económico. Tiene una moderada resistencia a la rehumidificación temporaria. Es utilizable en taller con temperaturas no inferiores a los 10°C.

El mejor adhesivo para usos exteriores y el más utilizado por los fabricantes europeos, es la urea resorcinol. Requiere una temperatura de trabajo superior y es bastante más costoso que la urea formaldehído.

La urea melamina es también muy resistente a la acción de la humedad sin serlo tanto como el adhesivo de resorcinol y suele ser utilizado cuando se desea evitar las líneas de cola oscuras de la resorcina.

El espesor normal de las láminas varía entre 20 mm y 45 mm.



← El ancho de la lámina está formado por dos tablas



## **2) Ventajas de la madera laminada**

- El adhesivo permite el uso de tablas cortas y angostas que, unidas eficientemente, pueden conformar piezas estructurales de cualquier espesor, largo, ancho y de formas no restringidas.
- El espesor de las tablas menor a 45 mm, permite secar la madera fácilmente a los contenidos de humedad deseados, con menores defectos de secado, que de aparecer disminuirían la resistencia de la viga.
- El método de fabricación permite el uso de láminas de menor calidad en las zonas de baja resistencia y utilizar madera de mejor calidad sólo en las zonas de mayor sollicitación.
- La madera laminada permite diseñar elementos artísticos y prácticos, en los cuales la sección transversal puede variar con los esfuerzos a que queda sometido el elemento. El elemento terminado no necesita ser enchapado o quedar oculto, debido a que es estéticamente aceptable.
- Es posible realizar elementos curvos.
- Por estar constituidas por varias secciones pequeñas son más estables que las vigas macizas que están conformadas por una sola sección.
- Son más homogéneas que las vigas de madera maciza porque es posible seleccionar, de acuerdo a su calidad, las piezas que la compondrán.
- Por ser más homogéneas se considera una tensión admisible mayor respecto a las vigas de madera maciza, lo cual disminuye las secciones a utilizar.
- Los elementos laminados tienen una baja relación peso / resistencia, por lo cual pueden ser levantados y puestos en servicio con un bajo costo.

## **3) Desventajas de la madera laminada**

- Comparadas con la madera sin laminar son más costosas, especialmente en vigas rectas.
- Requieren el empleo de adhesivos específicos según sean colocadas en interior o en exterior.
- Para su fabricación se necesitan equipos especiales y mano de obra calificada.
- No siempre se pueden producir en obra, lo que implica un costo adicional por transporte.
- Elementos de grandes dimensiones son difíciles de manipular y transportar, lo que incide en el costo final del elemento de madera laminada.

#### 4) Aplicaciones de la madera laminada

**4.1 Vigas.** La viga recta de sección constante es la más económica de producir, independientemente de la sección transversal, de esta sea rectangular, en forma de "te", doble "te", cajón, como así también pilares laminados de sección constante.

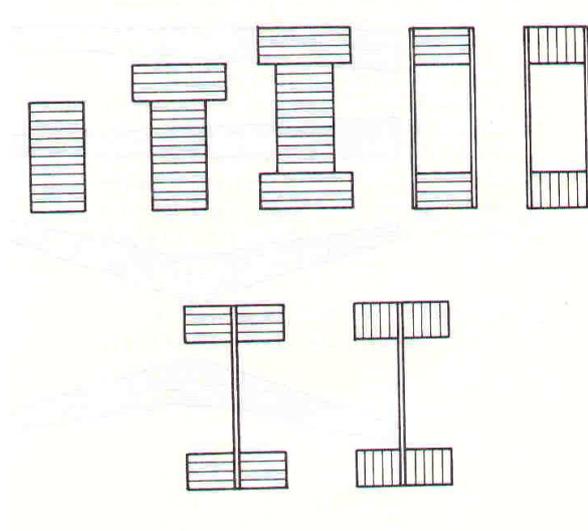


Fig. 3. Tipos de vigas

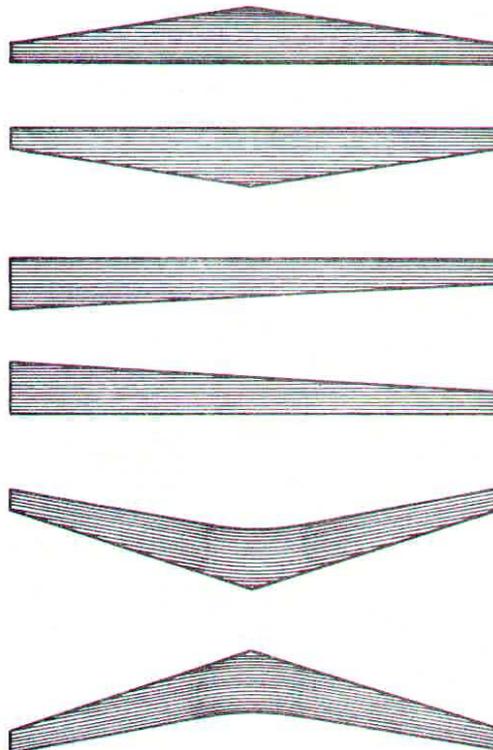


Fig. 4. Vigas de madera laminada

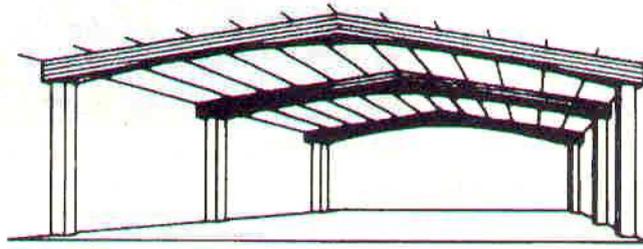


Fig. 5. Viga peraltada

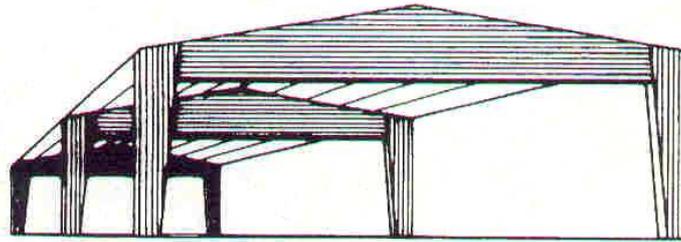


Fig. 6. Pórtico biarticulado

**4.2 Arcos.** La gran ventaja que ofrece el encolado para este tipo de estructuras, es que hace posible la construcción de arcos muy eficientes, partiendo de laminaciones muy delgadas. Estas no tienen comparación en cuanto a esbeltez, belleza y luz.

Teniendo en cuenta la dificultad de transporte, los arcos se diseñan en una, dos, tres, cuatro o más partes. Las uniones entre unidades se realizan mediante planchas metálicas.

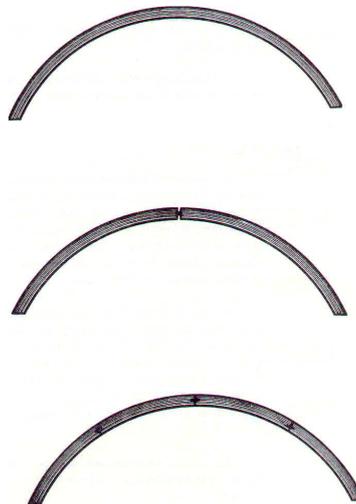


Fig. 7. Arcos de madera laminada

**4.3 Marcos.** Los marcos constituyen una aplicación de la madera muy atractiva desde el punto de vista arquitectónico.

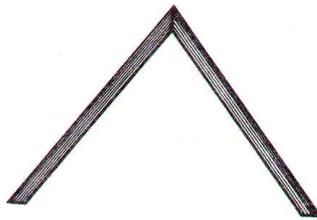
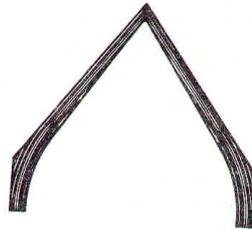


Fig. 8. Marcos de madera laminada

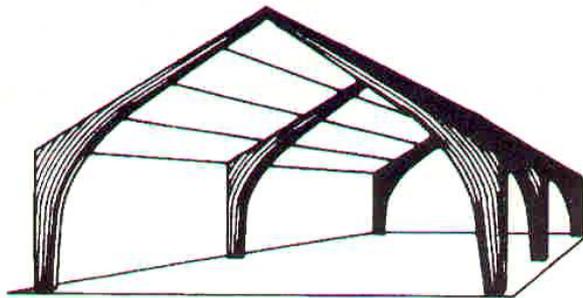


Fig. 9. Pórtico triangulado

## **5) Madera usada en laminados**

Las especies madereras más usadas en la fabricación de laminados, son las Coníferas. En nuestro país se está empleando Pino Paraná, Pino elliottii y taeda, Álamo, Eucalipto y Lengua con una fabricación artesanal.

## **6) Fabricación**

La mayoría de las fábricas se organizan en tres secciones o áreas, desarrollándose en ellas diferentes actividades:

### **6.1 Área de preencolado**

- a) Almacenamiento
- b) Clasificación
- c) Determinación del contenido de humedad
- d) Uniones de extremos
- e) Cepillado de las láminas
- f) Ensamble en seco

### **6.2 Área de encolado, Prensado y Fraguado**

- a) Preparación de los adhesivos
- b) Esparcido
- c) Prensado
- d) Reapriete
- e) Tiempo de prensado y fraguado
- f) Maduración

### **6.3 Área de terminaciones**

- a) Elaboración
- b) Clasificación
- c) Protección
- d) Ensayos
- e) Empaque y despacho

### **6.1 Área de preencolado**

#### **6.1.1 Almacenamiento**

El proceso de fabricación de madera laminada comienza con el almacenamiento de madera seca. Si la fábrica posee hornos secaderos, el secado se agrega como una actividad más en el proceso de fabricación. Se almacenará al aire libre o en galpones abiertos aquella madera que ha sido secada mediante este procedimiento; en galpones cerrados o en galpones con ambiente controlado cuando la madera se ha secado en horno secadero, aunque es conveniente que esta actividad la realice la misma fábrica de laminados.

#### **6.1.2 Clasificación**

La clasificación a realizar en la madera a emplear en laminados es una clasificación por resistencia (estructural), incluyéndose en el caso de pinos algunos otros defectos propios de la clasificación por aspecto, tal como la mancha azul.

La clasificación se puede realizar en forma visual o en forma mecánica. La primera consiste en la inspección, por parte de un clasificador experimentado, de cada una de las piezas de madera, identificando los defectos que se presentan en las superficies de las caras, cantos y cabezas. La clasificación mecánica se basa en el empleo de la relación entre el módulo de elasticidad y la deformación de una madera solicitada por una carga.

### 6.1.3 Contenido de humedad

El contenido de humedad óptimo es aquel que produce la unión encolada más resistente y que se acerque al contenido de humedad de equilibrio que tendrá el elemento laminado cuando esté puesto en servicio.

Cuando las láminas son esparcidas con el adhesivo su contenido de humedad se incrementa, dependiendo esto del espesor de las piezas, del tipo de adhesivo, de la especie maderera y de la cantidad de adhesivo esparcida.

Los adhesivos usualmente no producen líneas de cola satisfactorias cuando el contenido de humedad de la madera es alto. En el momento de realizar el encolado el porcentaje de humedad debe ajustarse entre un 12% y un 17%.

No todas las tablas que conformarán el elemento laminado van a tener el mismo contenido de humedad y es por ello que se aceptan diferencias no mayores a 4% entre tablas y no mayor a 2% entre sectores de una misma tabla.

El control del contenido de humedad se efectúa con un xilohigrómetro, y se debe realizar en cada tabla.

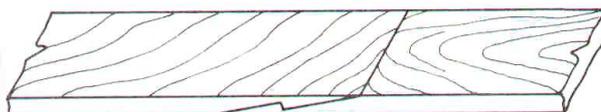
### 6.1.4 Uniones de extremos

Estas uniones se realizan para lograr elementos cuya longitud sea superior al largo que es posible obtener de la madera comercial.

Las uniones pueden ser de distintos tipos: de tope, biseladas o scarf-joint, uniones dentadas o finger-joint y hooked-scarf-joint.



SCARF-JOINT o BISELADAS



HOOKED-SCARF JOINT



TOPE



FINGER JOINT o DENTADO

Fig. 10. Uniones de extremos

El tipo de unión más usado en madera laminada es el finger-joint, dada la calidad de la unión que se obtiene.

El largo de los dientes de empalme efectivo es de 15 mm, ejerciendo sobre la unión una presión mínima del orden de los 20 bar.

No hay demasiada diferencia entre los dientes tipo finger joint para paneles y para madera laminada estructural. La mayor diferencia está en el equipamiento. La tendencia actual es trabajar con dientes de un largo cercano a los 12 a 15 mm. Operativamente los dientes para madera laminada estructural deben tener en el extremo un "escape" para el adhesivo. Este pequeño "vacío" en el extremo del diente, necesario para trabajar con presiones altas, a veces se ve como un inconveniente en los paneles, obligando a masillar el hueco. La mayor diferencia del proceso, es el prensado. En las fábricas de paneles, los listones se prensan contra un tope. En una fábrica de madera laminada encolada se utilizan prensas rítmicas, que permiten hacer tablas de largo ilimitado.

Debido a la dificultad de encolar los nudos, no es conveniente que estos aparezcan en los cortes de las uniones de extremo, dado que quedarían mal unidos y podrían iniciar una delaminación.

Cuando sea necesario obtener piezas de anchos mayores a los usuales, es decir, cuando el ancho de la madera comercial sea inferior al de la estructura requerida, se realizarán **uniones de canto**.

Las uniones de canto pueden ser: de tope o machihembradas. Estas uniones se realizan antes del armado de la estructura.

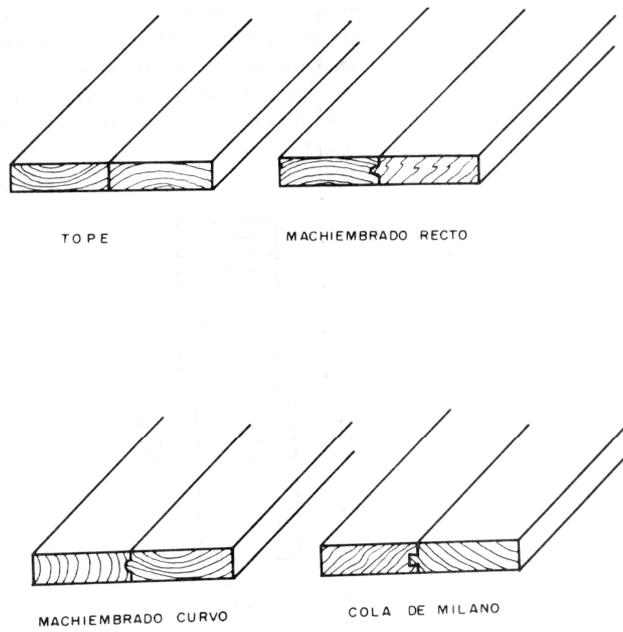


Fig. 11. Uniones de canto

Al armar el elemento estructural deberá procurarse que las líneas de las uniones de canto de dos láminas adyacentes, estén separadas por una distancia mayor o igual al espesor de las láminas.

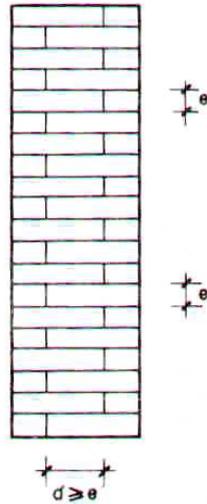


Fig. 12. Distanciamiento de las uniones de canto.

Antes de realizar las uniones, las tablas se cepillan con el objetivo de uniformar espesores y dejar a la vista los defectos que van a eliminarse durante el saneado.

### **6.1.5 Cepillado de láminas**

En esta etapa de fabricación, ya las tablas han sido unidas en sus extremos y si es necesario en sus cantos, formando así las láminas. Sus superficies deberán estar correctamente preparadas para ser encoladas. No se debe dejar transcurrir más de 24 horas entre la operación de cepillado y la de encolado, en ausencia de polvo y aserrín.

El cepillado reduce las láminas al espesor definitivo, removiendo cualquier indicio de adhesivo e irregularidades que hayan quedado debido a la unión de extremos y cantos.

El espesor de las láminas debe ser uniforme a lo largo de toda la pieza. Si existe una zona con menor espesor, debe eliminarse, cortándola, y aprovechando la lámina restante mediante el agregado de una pieza del mismo espesor. Las tablas se deben cepillar con una tolerancia en espesor no superior a 0.1mm por metro de largo cuando se utiliza adhesivo de urea formaldehído y 0.2mm por metro si el adhesivo es urea resorcinol.

### **6.1.6 Ensamble en seco**

El ensamble en seco es también conocido como "presentación del elemento". En general, esta operación consiste en ubicar las láminas como mejor cumplan con las especificaciones, ensamblándolas tal como van a quedar, pero sin adhesivo.

El ensamble en seco se debe realizar de tal manera que la última lámina a colocar debe ser la primera que pase por la encoladora. La realización de esta operación hace que el encolado sea más rápido,

## **6.2 Área de encolado, prensado y fraguado**

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

### **6.2.1 Preparación del adhesivo**

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

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

### **6.2.2 Esparcido**

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

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

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

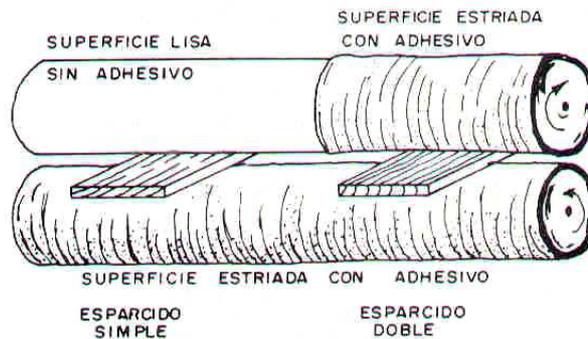


Fig. 13. Esparcidor simple y doble.

### 6.2.3 Prensado

Una vez encoladas las láminas deben ser colocadas en las prensas. La presión a aplicar es un punto crítico. Cuando se emplea urea formaldehído varía entre los 10 y 15 kg/cm<sup>2</sup> y puede reducirse a 8 o 9 kg/cm<sup>2</sup> para urea resorcinol. Es muy importante que la presión sea constante sobre todo el elemento a fabricar, verificando la repartición homogénea de la presión en la superficie de las tablas. La temperatura normal del taller debe ser de 15° C.

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

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

El tiempo de ensamblado se divide en dos etapas:

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

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

### 6.2.4 Reapriete

Después de haber aplicado la presión, es necesario comprobar que no ha existido una pérdida de la presión aplicada, la cual puede ser causada, entre otras razones, por el escurrimiento del adhesivo. Si esto ha sucedido, se deberá proceder a un reapriete. Esta operación se realiza cuantas veces sea necesario.

### 6.2.5 Tiempo de prensado

El tiempo de prensado dependerá de la temperatura de fraguado de las líneas de cola y del tipo de adhesivo usado, entre otros.

### 6.2.6 Maduración

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

El objetivo es lograr la estabilización higrométrica interna de las piezas encoladas y la casi definitiva resistencia del encolado.

El tiempo de maduración dependerá del tipo de adhesivo, de la temperatura del ambiente donde se lo ha almacenado, pudiendo tener una duración de unos días o una semana.

## **6.3 Área de terminaciones**

### **6.3.1 Elaboración**

Consiste en un despunte, canteado, cepillado y pulido del elemento laminado.

Una vez que el elemento laminado tiene ya sus líneas de cola fraguadas, se procede a limpiar el adhesivo que ha escurrido a causa del prensado; se corta al largo requerido (despunte); se cepilla a las dimensiones especificadas y se pulen las superficies.

### **6.3.2 Clasificación**

Esta operación consiste en la clasificación por aspecto del elemento laminado terminado.

Existen diferentes clases en la clasificación con distintas especificaciones que debe cumplir el elemento laminado para pertenecer a la misma. Estas clases son:

a) Arquitectónica: cada elemento de esta clase debe presentar sus cuatro caras cepilladas y lijadas. Las láminas externas deben estar libres de nudos sueltos y agujeros y ser elegidas cuidadosamente de modo que coincidan en color y dirección de la fibra en las uniones de extremos.

Esta clase es recomendada para usos en los cuales el aspecto del elemento es de suma importancia.

b) Comercial: cada elemento debe presentar sus caras cepilladas. Los daños y manchas en las superficies no necesitan ser mejorados. Las láminas exteriores deben estar libres de nudos sueltos y agujeros.

Se recomienda esta clase en usos en los cuales el elemento queda a la vista, pero donde el aspecto no es tan importante.

c) Industrial: el elemento de esta clase se usa tal como sale de la prensa. Los daños y manchas en las superficies no necesitan ser mejorados.

Se recomienda esta clase en usos en los cuales el elemento queda oculto, o donde el aspecto no tiene importancia alguna.

### **6.3.3 Protección y preservación**

Los elementos laminados deberán ser adecuadamente recubiertos con barnices, lasures o pinturas a fin de impedir que la humedad alcance las líneas de cola de los adhesivos.

Para aquellos adhesivos a prueba de agua no se busca ya una protección contra el agua sino contra hongos e insectos, es decir, se las somete a preservación.

El método de preservación dependerá de las condiciones ambientales a las cuales quedará expuesto el elemento laminado.

### **6.3.4 Ensayos**

Los ensayos que se realizan son los siguientes:

- Ensayos de cizalle a través del adhesivo
- Ensayos de flexión para uniones de extremos
- Ensayos de tracción para uniones de extremos

### **6.3.5 Empaque y despacho**

Con el fin de proteger la madera laminada durante el transporte, se utiliza polietileno, sellándolo en ambos extremos. Luego se coloca otra protección exterior que puede ser lona o también polietileno. Otra forma de protección se puede realizar a base de papel Kraft.

## **LAY OUT**

Almacenamiento del material proveniente del aserradero

Clasificación de madera verde

Secado

Clasificación de madera seca

Cepillado

Saneado

Unión de extremos

Unión de cantos

Cepillado

Encolado

Prensado

Dimensionamiento

Cepillado

Pulido

Tratamientos superficiales

Control de calidad