

## MADERA LAMINADA ENCOLADA (MLE)

### DEFINICIÓN

Se obtiene encolando dos o más láminas de madera en dirección paralela al eje de las láminas. Las láminas se obtienen encolando entre sí, mediante uniones dentadas, piezas de madera aserrada con un espesor comprendido entre 6 y 45 mm.

### APLICACIONES

Las estructuras de madera laminada encolada resultan especialmente indicadas para:

- Vigas:
  - Luces de 30 a 70 m en edificios de uso público, comercial o deportivo.
  - Luces moderadas de 8 a 14 m en construcciones pequeñas y medias (normalmente elementos prefabricados)
- Pilares
- Estructura de cubierta de peso propio reducido.
- Estructuras que requieren resistencia frente a determinados agentes químicos, como por ejemplo almacenes de sal para eliminar la nieve – hielo de las carreteras.
- Cuando se pretende un aspecto estético especial.
- Existe la necesidad de estructuras con elevada estabilidad al fuego.
- Estructuras en situaciones de difícil mantenimiento.

Ejemplos de aplicaciones:

- normales: iglesias, gimnasios, polideportivos, piscinas, centros comerciales, hangares, fábricas, bodegas, puentes, etc.;
- particulares: en ambientes agresivos y corrosivos, en los que otros materiales ven limitado su uso: piscinas cubiertas, plantas químicas, naves para uso de ganado, ambientes industriales agresivos, edificios en la costa marítima, etc.

### MATERIALES

#### Madera aserrada

Los elementos unitarios son tablas de madera aserrada con las que, por yuxtaposición mediante unión dentada encolada, se constituye cada lámina, las cuales, por superposición mediante encolado de sus caras, dan lugar a la pieza, en una lógica constructiva similar a la de la albañilería y la cantería.

#### - *Especies*

La especie más utilizada en Europa es la *Picea abies*, que comercialmente se conoce como abeto, abeto rojo, píceo o falso abeto para las clases de uso 1 y 2. Y en segundo lugar el pino silvestre o pino radiata, principalmente cuando se requiere un tratamiento en profundidad para las clases de uso 3.2 y 4.

En España también se emplean el Eucalipto (*Eucalyptus globulus*), el Roble (*Quercus robur* y *Q. petraea*), el Castaño (*Castanea sativa*); y en menor medida el Fresno (*Fraxinus excelsior*), el Haya (*Fagus sylvatica*) y el Iroko (*Chlorophora excelsa*,

*Chlorophora regia*). Actualmente, se están llevando a cabo acciones para su inclusión en la norma.

#### **- Calidad o clase resistente de la madera**

La madera utilizada en las láminas estará clasificada de acuerdo con la norma UNE-EN 14081-1.

#### **- Contenido de humedad**

El contenido de humedad de cada lámina deberá encontrarse en el rango del 6 % al 15 %, a no ser que el fabricante del adhesivo requiera un margen más estrecho; o entre el 11 y 18 % para el caso de madera tratada con productos protectores. La variación del contenido de humedad de las láminas dentro de una pieza no deberá ser mayor que el 5 %.

### **Láminas**

Se obtienen uniendo por la testa mediante unión dentada las piezas de madera clasificadas.

### **Adhesivos**

Los más utilizados en la actualidad, según la clase de servicio 1, 2 o 3, son:

- Melamina-Urea-Formaldehído (MUF).
- Resorcina-Fenol-Formaldehído (RPF).
- Poliuretano (PU).

Si se aplican productos protectores antes del encolado de las láminas deberá documentarse que se cumplen las especificaciones para la combinación de adhesivo y producto protector.

### **Herrajes y conectores metálicos**

Deben ser resistentes a la corrosión o estar protegidos contra ella.

### **Tornillería**

La norma de referencia para especificarla es la DIN 1052-T2.

### **TIPOS**

Existen dos tipos según el laminado:

- madera laminada horizontal: sus planos de encolado son perpendiculares a la dimensión mayor de la sección transversal, es el formato más habitual;
- madera laminada vertical: sus planos de encolado son perpendiculares a la dimensión menor de la sección transversal. Éste último es menos frecuente y el proceso de fabricación es diferente al anterior.

Así mismo existen otros 2 tipos según las clases resistentes de las láminas utilizadas:

- madera laminada homogénea (GLh): todas las láminas utilizadas son de la misma clase resistente.
- madera laminada combinada (GLc): las láminas exteriores tienen una clase resistente superior a las utilizadas en su interior, y cumplen con la proporción definida en la normativa entre láminas exteriores e interiores.

En la norma EN 14080 se relacionan las clases resistentes de la madera laminada con las resistencias de la unión dentada de la lámina ( $f_{m,j,k}$ )

## **DIMENSIONES PIEZAS Y CARACTERÍSTICAS DE LAS LÁMINAS**

Al tratarse de un producto fabricado ex profeso sus dimensiones no están normalizadas, aunque pueden suministrarse sin problemas si el mercado así lo requiere.

### **- Anchura**

La gama de anchuras depende de la anchura de la lámina, las más habituales son: 80, 100, 110, 130, 140, 160, 180, 200 y 220 mm (siendo el máximo de 280 mm).

### **- Altura**

Es función del grueso de lámina empleado. En la norma se indica un grueso de lámina máximo permitido de 45 mm para la clase de servicio 1 y 2; y de 35 mm (< 41 mm) para la clase de servicio 3.

### **- Orientación de las láminas**

Todas las láminas deberán tener el corazón hacia el mismo lado, con la excepción de las piezas destinadas a la clase de servicio 3 en las que las láminas extremas en cada lado deberán tener el corazón mirando hacia el exterior.

## **PROPIEDADES**

### **Contenido de humedad**

Deberá ser el más cercano posible a la humedad media de equilibrio higroscópico correspondiente a la ubicación de la obra:

- clase de servicio 1                      Inferior al 12%
- clase de servicio 2                      15% (inferior al 20%)
- para clase de servicio 3                20% (superior al 20%)

### **Clases resistentes**

Están definidas en la norma UNE-EN 14080 que distingue 14 clases resistentes, que se exponen en las tablas siguientes:

- 7 cuando la composición es homogénea (todas las láminas son de la misma clase resistente).
- 7 cuando es combinada (las láminas extremas son de una clase resistente superior).

CLASE RESISTENTE N/mm <sup>2</sup> (densidad en kg/m <sup>3</sup> )	GL 20h	GL 22h	GL 24h	GL 26h	GL 28h	GL 30h	GL 32h
R. Flexión característica	20	22	24	26	28	30	32
R. Tracción Paralela característica	16	17,6	19,2	20,8	22,4	24	25,6
R. Tracción Perpendicular característica	0,5						
R. Compresión Paralela característica	20	22	24	26	28	30	32
R. Compresión Perpendicular característica	2,5						
R. Cortante (cortadura y torsión)	3,5						
R. Cortante (rodadura)	1,2						
MOE medio paralelo	8.400	10.500	11.500	12.100	12.600	13.600	14.200
MOE característica paralelo	7.000	8.800	9.600	10.100	10.500	11.300	11.800
MOE medio perpendicular	300						
MOE característica perpendicular	250						
Módulo medio Cortante	650						
Módulo característico Cortante	540						
Módulo medio Cortante rodadura	65						
Módulo característico Cortante rodadura	54						
Densidad característica	340	370	385	405	425	430	440
Densidad media	370	410	420	445	460	480	490

Tabla Clases resistentes de madera laminada encolada homogénea, según la norma EN 14080: 2013.

CLASE RESISTENTE N/mm <sup>2</sup> (densidad en kg/m <sup>3</sup> )	GL 20c	GL 22c	GL 24c	GL 26c	GL 28c	GL 30c	GL 32c
R. Flexión característica	20	22	24	26	28	30	32
R. Tracción Paralela característica	15	16	17	19	19,5	19,5	19,5
R. Tracción Perpendicular característica	0,5						
R. Compresión Paralela característica	18,5	20	21,5	23,5	24	24,5	24,5
R. Compresión Perpendicular característica	2,5						
R. Cortante (cortadura y torsión)	3,5						
R. Cortante (rodadura)	1,2						
MOE medio paralelo	10.400	10.400	11.000	12.000	12.500	13.000	13.500
MOE característica paralelo	8.600	8.600	9.100	10.000	10.400	10.800	11.200
MOE medio perpendicular	300						
MOE característica perpendicular	250						
Módulo medio Cortante	650						
Módulo característico Cortante	542						
Módulo medio Cortante rodadura	65						
Módulo característico Cortante rodadura	54						
Densidad característica	355	355	365	385	390	390	400
Densidad media	390	390	400	420	420	430	440

Tabla Clases resistentes de madera laminada encolada combinada, según la norma EN 14080:2013.

### Durabilidad

No hay que olvidar en este tema la importancia del diseño constructivo de la estructura que evite la exposición innecesaria a la intemperie y la posibilidad de retención de agua. Un correcto diseño puede rebajar el riesgo de deterioro.

En la práctica no existen problemas de durabilidad en piezas situadas en las clases de uso 1 (interior) y 2 (interior y bajo cubierta sin exposición directa al agua de lluvia), prácticamente

cualquier especie es apta. En la clase de uso 3.1 y de forma especial en las 3.2, 4 y 5 se requiere una especie de mayor durabilidad natural o un tratamiento químico de protección.

Normalmente las especies coníferas habituales en estructuras no presentan durabilidad natural suficiente (casi siempre incorporan parte de albura que no es durable) y por tanto, para su empleo en clases de uso 3.1, 3.2, 4 y 5 requieren tratamiento. Para la elección del tipo de tratamiento adecuado puede consultarse el Documento Básico de Seguridad Estructural – Madera y la norma UNE EN 335-2 que define las clases de uso.

La especie más utilizada en Europa es el abeto (*Picea abies* L. Karst), que no es impregnable, por lo que su uso queda limitado a las clases de uso 1 y 2. El pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.) y pino radiata (*Pinus radiata* Don), son las especies más utilizadas para la clase de uso 3, ya que se pueden tratar en profundidad.

Se puede elegir una especie con la durabilidad natural suficiente para la clase de uso que corresponda a la estructura, o aplicar el tratamiento adecuado de protección siempre que la madera sea suficientemente impregnable antes de obtener las láminas y de encolarlas entre sí (es la práctica más habitual), o aplicar el tratamiento a la pieza de madera laminada encolada.

### **Reacción al fuego**

Su clase de reacción al fuego, según la norma UNE-EN 14080, es D-s2,d0 siempre que cumpla que su:

- Densidad media mínima sea igual o superior a 380 kg/m<sup>3</sup>.
- Espesor total mínimo de la pieza sea igual o superior 40 mm.

Si el fabricante define una clase de reacción al fuego diferente, tiene que aportar el correspondiente informe de ensayo y de clasificación de acuerdo con la norma UNE-EN 13501-1.

### **Resistencia al fuego**

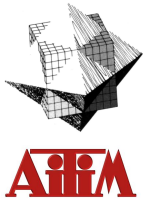
La resistencia al fuego de la estructura en la que interviene la madera laminada encolada se calculará de acuerdo con el DB de Seguridad contra Incendio o de acuerdo con la norma UNE-EN1995-1-2. El parámetro dependiente de la madera es la velocidad de carbonización, que toma los valores eficaces de: 0,5 a 0,7 mm/min en madera aserrada de frondosas y madera laminada encolada.

### **Emisión de formaldehído**

De acuerdo con la norma UNE-EN 14080, si el adhesivo utilizado en la fabricación de la madera laminada contiene formaldehído deberá clasificarse de acuerdo con la norma UNE-EN 717-1 en las siguientes clases de emisión E1 o E2.

### **Resistencia química**

Al no reaccionar con el medio ambiente ni con agentes oxidantes o reductores, se convierte en un material adecuado para su utilización en ambientes agresivos y corrosivos, en los que los metales ven limitadas sus aplicaciones.



### **Acabado superficial - Mantenimiento en aplicaciones al exterior**

Al igual que cualquier otro producto de madera colocado al exterior deben recibir acabados que protegen la madera frente a los rayos infrarrojos (calentamiento) y ultravioletas (oxidación).

## **FABRICACIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE**

### **Fabricación**

Los equipos, las condiciones ambientales de fabricación, el proceso de fabricación, y el autocontrol deberán realizarse de acuerdo con las especificaciones de la norma UNE-EN 14080. Lo habitual es que el fabricante se someta de forma voluntaria a un control externo por un organismo de reconocido prestigio.

### **Almacenaje, transporte y montaje**

Se recomienda aplicar un sellante, imprimación o recubrirlos antes de que salgan de fábrica. Durante el almacenaje, transporte y montaje se evitará someter las piezas a tensiones superiores a las previstas.

Los elementos de madera laminada encolada almacenadas en obra deberán protegerse adecuadamente frente a la intemperie. En el caso que sea posible se recomienda cubrirlos para evitar la acción de la lluvia y del sol. Se deben almacenar sobre rastreles para evitar su contacto con el suelo y sobre suelos correctamente drenados.

Una vez colocados no es conveniente superar el plazo de un mes sin la protección de la cobertura.

### **Fendas - Delaminaciones**

Normalmente aparecen fendas de secado, debido a la variación de las condiciones ambientales. En ocasiones muy particulares pueden aparecer delaminaciones que son fendas más aparatosas originadas principalmente por una mala fabricación.

## **MARCAS DE CALIDAD**

### **Sello de Calidad AITIM para la fabricación de estructuras de madera laminada encolada ([www.aitim.es](http://www.aitim.es))**

Se basa en la comprobación de la adecuación de los medios materiales y humanos, la implantación de un control de calidad interno y un control externo periódico especificados en las normas UNE-EN correspondientes. Los ensayos de las muestras tomadas en fábrica se realizan en laboratorios acreditados.

### **Certificado del Instituto Otto - Graf. ([www.mpa.uni-stuttgart.de/](http://www.mpa.uni-stuttgart.de/) Stuttgart, Alemania)**

Su funcionamiento es similar al del Sello AITIM, pero utiliza la norma DIN 1052. Parte 1: "Construcciones de madera. Cálculo y ejecución" para el marcado Ü.

### **Certificación Acerbois Glulam ([www.acerbois.org/Acerspagnol/Lien\\_1espa.html](http://www.acerbois.org/Acerspagnol/Lien_1espa.html) Francia)**

Su funcionamiento es similar al del Sello AITIM.

## **MARCADO CE**

Este producto está afectado por el Reglamento Europeo de Productos de Construcción. La norma armonizada que regula su mercado CE es la UNE-EN 14.080, que es obligatorio desde el 1 de diciembre de 2011.

## **PLIEGO DE CONDICIONES**

Véase apartado específico de “Pliegos de Condiciones” de la página web de AITIM.

- Especie
- Contenido de humedad
- Dimensiones y tolerancias
- Propiedades mecánicas – Clases resistentes
- Calidad de encolado
- Emisión de formaldehído
- Tratamiento protector preventivo
- Productos de acabado superficial - Mantenimiento
- Resistencia al fuego
- Mercado CE
- Sellos o Marcas de Calidad Voluntaria
- Almacenamiento de productos
- Herrajes

## **MÁS INFORMACIÓN**

Publicaciones de AITIM - [www.aitim.es](http://www.aitim.es)

- Guía de la Madera: Tomo II - Productos estructurales y Construcción en madera.
- Diseño Estructural en madera.
- Estructuras de madera: Diseño y Cálculo.
- Manual de clasificación de madera.
- Uniones metálicas en estructuras de madera.
- Las estructuras de madera en los tratados de arquitectura.
- Puentes de madera.
- Cubiertas con estructuras de madera.

Pliego condiciones – [www.aitim.es](http://www.aitim.es)