
ESQUEMA 1

DE NORMA IRAM 9660-1*

Madera laminada encolada estructural

Parte 1 - Clases de resistencia y requisitos de fabricación y de control

Structural glued laminated timber
Part 1 - Strength classes and manufacture and control requirements

**LAS OBSERVACIONES DEBEN
ENVIARSE CON EL FORMULARIO DE LA
ETAPA DE DISCUSIÓN PÚBLICA**

* Corresponde a la revisión de la IRAM 9660-1:2006.

Prefacio

El Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM) es una asociación civil sin fines de lucro cuyas finalidades específicas, en su carácter de Organismo Argentino de Normalización, son establecer normas técnicas, sin limitaciones en los ámbitos que abarquen, además de propender al conocimiento y la aplicación de la normalización como base de la calidad, promoviendo las actividades de certificación de productos y de sistemas de la calidad en las empresas para brindar seguridad al consumidor.

IRAM es el representante de Argentina en la International Organization for Standardization (ISO), en la Comisión Panamericana de Normas Técnicas (COPANT) y en la Asociación MERCOSUR de Normalización (AMN).

Esta norma es el fruto del consenso técnico entre los diversos sectores involucrados, los que a través de sus representantes han intervenido en los Organismos de Estudio de Normas correspondientes.

Corresponde a la revisión de la IRAM 9660-1:2006.

La norma IRAM 9660 bajo el rubro general *Madera laminada encolada estructural*, se compone de las partes siguientes:

Parte 1 - Clases de resistencia y requisitos de fabricación y de control.

Parte 2 - Métodos de ensayo.

Índice

	Página
1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN	5
2 DOCUMENTOS NORMATIVOS PARA CONSULTA	5
3 CLASIFICACIÓN DE LA MADERA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL	5
4 REQUISITOS DE LA MADERA	6
5 REQUISITOS DEL ADHESIVO	6
6 REQUISITOS PARA LA FABRICACIÓN DE LOS ELEMENTOS ENCOLADOS	7
7 LÁMINAS	7
8 UNIONES DE EXTREMOS ENTRE LAS LÁMINAS	8
9 ENCOLADO DE LAS LÁMINAS	12
10 MADURACIÓN	15
11 REQUISITOS DE LA MADERA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL ..	15
12 MARCADO, ROTULADO Y EMBALAJE	17
Anexo A (Normativo) Inspección y recepción	18
Anexo B (Informativo) Valores característicos de la madera laminada encolada estructural	22
Anexo C (Informativo) Presión ejercida por la prensa	23
Anexo D (Informativo) Símbolos empleados en esta norma	24
Anexo E (Informativo) Bibliografía	25
Anexo F (Informativo) Integrantes del organismo de estudio	26

Madera laminada encolada estructural

Parte 1 - Clases de resistencia y requisitos de fabricación y de control

1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

1.1 Esta norma establece los requisitos mínimos que se deben cumplir en la producción de madera laminada encolada estructural, incluyendo los requisitos de la madera, del adhesivo, del proceso de laminación y encolado, de los tamaños y las tolerancias.

1.2 También establece los procedimientos de inspección y ensayos, el proceso de control de calidad a desarrollar por el fabricante, las funciones del organismo encargado de la inspección y de la auditoría de calidad.

1.3 Establece un sistema de clases de resistencia e indica, a título informativo, los correspondientes valores característicos de la resistencia y del módulo de elasticidad en flexión.

1.4 Establece requerimientos relacionados al aspecto, marcado rotulado y embalaje.

2 DOCUMENTOS NORMATIVOS PARA CONSULTA

Todo documento normativo que se menciona a continuación es indispensable para la aplicación de este documento.

Cuando en el listado se mencionan documentos normativos en los que se indica el año de publicación, significa que se debe aplicar dicha edición. En caso contrario, se debe aplicar la edición vigente, incluyendo todas sus modificaciones.

IRAM 9532 - Maderas. Método de determinación de la humedad.

IRAM 9660-2 - Madera laminada encolada estructural. Parte 2: Métodos de ensayo.

IRAM 9661 - Madera laminada encolada estructural. Requisitos de los empalmes por unión dentada.

IRAM 9662-1 - Madera laminada encolada estructural. Clasificación visual de las tablas por resistencia. Parte 1: Tablas de pino Paraná (*Araucaria angustifolia*).

IRAM 9662-2 - Madera laminada encolada estructural. Clasificación visual de las tablas por resistencia. Parte 2: Tablas de eucalipto grandis (*Eucalyptus grandis*).

IRAM 9662-3 - Madera laminada encolada estructural. Clasificación visual de las tablas por resistencia. Parte 3: Tablas de pino taeda y elliotti (*Pinus taeda* y *elliottii*).

IRAM 9662-4 - Madera laminada encolada estructural. Clasificación visual de las tablas por resistencia. Parte 4: Tablas de álamo australiano 129/60' y 'Stoneville 67' (*Populus deltoides*).

IRAM 45055 - Adhesivos para estructuras de madera bajo carga. Adhesivos de policondensación de tipos fenólicos, aminoplásticos y de otros tipos. Clasificación y requisitos de comportamiento.

3 CLASIFICACIÓN DE LA MADERA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL

3.1 Clasificación de acuerdo con su resistencia

3.1.1 Las maderas laminadas encoladas estructurales se clasifican en dos grados:

- a) grado 1: construidas con conformación homogénea con tablas de clase resistente 1 o combinadas según 7.4;

- b) grado 2: construidas con tablas de clase resistente 2, (ver 7.4).

3.1.2 En el anexo B, con carácter informativo, se indican los valores característicos de la resistencia y de módulo de elasticidad en flexión para cada grado.

3.2 Clasificación de acuerdo con su aspecto

Las maderas laminadas encoladas estructurales se clasifican en tres clases:

- a) Clase arquitectónica: las vigas laminadas presentan aspecto muy bueno y uniforme.
- b) Clase comercial: las vigas laminadas presentan un aspecto bueno y prolijo.
- c) Clase industrial: las vigas laminadas no presentan ningún requisito en cuanto al aspecto. (Ver 11.2).

3.3 Clasificación de acuerdo con el ambiente en que se utiliza

Las maderas laminadas encoladas estructurales se clasifican, de acuerdo con el ambiente en que se van a utilizar, en dos categorías:

- a) para uso exterior: son vigas aptas para ambientes cuya condiciones ambientales provoquen una humedad de equilibrio de la madera mayor o igual al 18%;
- b) para uso interior: son vigas aptas para ambientes cuya condiciones ambientales provoquen una humedad de equilibrio de la madera menor que 18%.

4 REQUISITOS DE LA MADERA

4.1 Especie maderera

Para los fines de esta norma la madera debe ser de pino taeda (*Pinus taeda*), pino elliotti (*Pinus elliotti*), pino Paraná (*Araucaria angustifolia*), eucalipto grandis (*Eucalytus grandis*), álamo 'australiano 129/60' y 'Stoneville 67' (*Populus deltoides*).

NOTA. El alcance de la norma se acotó a las maderas mencionadas debido a que hasta el momento son las presentadas a este Subcomité con el tratamiento estadístico pertinente. Es intención del organismo de estudio de esta norma que se incluyan todas las especies que se emplean en la elaboración de la madera laminada encolada estructural, una vez que se haya realizado el trabajo mencionado y que se lo haya sometido a consideración del organismo.

4.2 Madera aserrada

4.2.1 La madera no debe tener tratamientos de impregnación por vacío-presión ni antes ni después del encolado.

NOTA. Hasta el momento no existe experiencia ni estudios sobre el uso de madera laminada encolada estructural elaborada con madera con tratamiento de impregnación por vacío-presión. Se podría contemplar la posibilidad de que, por acuerdo entre las partes, se solicite este tipo de tratamiento cuando la madera laminada se vaya a utilizar en una condición extrema que demande dicho tratamiento, pero queda a consideración de las partes los requisitos adicionales que se deben solicitar.

4.2.2 La madera aserrada debe ser seleccionada y clasificada visualmente en clases de resistencia según la especie, de acuerdo con lo indicado a continuación:

- el pino Paraná debe cumplir con lo indicado en la IRAM 9662-1;
- el eucalipto grandis debe cumplir con lo indicado en la IRAM 9662-2;
- el pino taeda-elliotti debe cumplir con lo indicado en la IRAM 9662-3;
- el álamo 'australiano 129/60' y 'Stoneville 67' debe cumplir con lo indicado en la IRAM 9662-4.

4.2.3 El espesor neto de la madera aserrada no debe exceder de 50 mm.

5 REQUISITOS DEL ADHESIVO

5.1 Tipos de adhesivos

Los adhesivos a usar en la madera laminada estructural deben cumplir con los requisitos indicados en la IRAM 45055. De acuerdo con las condiciones ambientales en que se lo utilice, se

clasifica el adhesivo de la manera siguiente:

- a) de tipo I, para uso en ambiente exterior (ver 5.2);
- b) de tipo II, para uso en ambiente interior (ver 5.3).

Los elementos laminados encolados que se comercialicen sin conocer su uso, deben fabricarse con adhesivos para uso en ambiente exterior, a menos que se especifique de otra forma y que se aclare fehacientemente lo contrario.

5.2 Adhesivos de tipo I para uso en ambiente exterior

Los adhesivos de tipo I de acuerdo con la IRAM 45055 pueden ser usados para todas las condiciones de humedad, exigiéndose su uso cuando se espera que el contenido de humedad de la madera en servicio sea mayor que 18%.

5.3 Adhesivos de tipo II para uso en ambiente interior

Cuando se espere que el contenido de humedad de la madera, en condiciones de servicio, no sea mayor que 18%, se acepta el uso de adhesivos de tipo II según la IRAM 45055.

6 REQUISITOS PARA LA FABRICACIÓN DE LOS ELEMENTOS ENCOLADOS

6.1 El personal debe tener la preparación adecuada para la clasificación de la madera y para la fabricación de los elementos encolados.

6.2 Las instalaciones deben ser aptas para satisfacer los requisitos en cada etapa del proceso de fabricación. Se debe disponer de medios adecuados para controlar las medidas y las presiones así como la temperatura y la humedad relativa del ambiente.

6.3 La temperatura ambiente en el interior del local de fabricación no debe ser menor que 15 °C, o que el límite que el fabricante del adhesivo especifique. La humedad relativa ambiente debe estar comprendida entre 40% y 75%, pu-

diendo alcanzarse valores superiores o inferiores solamente en cortos períodos de tiempo o en casos que el fabricante del adhesivo lo admita.

7 LÁMINAS

7.1 Contenido de humedad

7.1.1 El contenido de humedad de las láminas en el momento del encolado debe estar comprendido entre 7% y 16% o el que el fabricante del adhesivo especifique.

NOTA. Se recomienda que el contenido de humedad de las láminas, antes del encolado, esté relacionado con el contenido de humedad de equilibrio de la madera en la zona donde el elemento se encontrará en servicio, el cual depende de la humedad y temperatura ambiente. Cuando menor sea la diferencia entre el contenido de humedad de las láminas en el momento del encolado y el que tendrá el elemento estructural en servicio, mejor será su comportamiento.

7.1.2 La variación del contenido de humedad a lo largo de una lámina y entre láminas adyacentes de un elemento laminado no debe ser mayor que 5%.

7.1.3 La determinación del contenido de humedad de las láminas debe realizarse de acuerdo con la IRAM 9532.

7.2 Defectos

7.2.1 Se aceptan alabeos en las láminas de una magnitud tal que puedan ser anulados con la aplicación de la presión durante el prensado.

7.2.2 Las láminas pueden presentar arista faltante (canto muerto) siempre que en el proceso de elaboración final del elemento desaparezca dicho defecto.

7.2.3 En el momento del encolado las superficies de las láminas deben estar cepilladas y libres de polvo, afloraciones de resinas o cualquier sustancia que pueda afectar el proceso de encolado.

7.3 Requisitos para la elaboración

7.3.1 En cualquier punto del largo o del ancho de la lámina, se acepta una tolerancia de $\pm 0,2$ mm para el espesor definido para ellas.

7.3.2 Si la lámina se conforma con dos o más piezas unidas por sus cantos, cada una de estas piezas debe pertenecer, como mínimo, a la clase de resistencia especificada para la lámina.

7.4 Combinación de las láminas y clasificación de elementos estructurales laminados encolados

Los elementos estructurales laminados encolados de grado 1 (3.1) se denominan homogéneos cuando son contruidos con láminas de la mejor clase resistente (clase 1), conforme a lo mencionado en 4.2.

Los elementos estructurales laminados encolados de grado 1 sometidos a la flexión pueden contruirse con láminas de ambas clases resistentes y en este caso se denominan combinados. Estos deben poseer láminas de la mejor clase resistente en la zona comprendida dentro de 1/4 de la altura, a partir de ambos bordes, con un mínimo de 2 tablas para cada caso. Las láminas restantes, ubicadas en la zona más cercana al eje neutro, pueden pertenecer a la clase de menor resistencia.

Las vigas laminadas combinadas que no cumplan los requisitos establecidos anteriormente deben asignarse al grado 2 (ver 3.1.1)

7.5 Espesores y secciones transversales límite para las láminas

7.5.1 Para uso exterior, el espesor máximo de las láminas terminadas debe ser menor o igual a 35 mm en madera de coníferas, de álamo y de *Eucalyptus grandis*. La sección transversal de las láminas terminadas debe ser menor o igual a 7 000 mm² en madera de coníferas y álamo y de 6 000 mm² en madera de *Eucalyptus grandis*.

7.5.2 Para uso interior, el espesor máximo de las láminas terminadas debe ser menor o igual a 45 mm en madera de coníferas y álamo y a 40 mm en madera de *Eucalyptus grandis*. La sección transversal de las láminas terminadas

debe ser menor o igual a 9 000 mm² en madera de coníferas y álamo y menor o igual a 7 500 mm² en madera de *Eucalyptus grandis*.

7.5.3 Cuando se contruyan elementos estructurales laminados encolados curvos, el espesor máximo de las láminas (t), con relación al radio de curvatura del elemento (r) y a la resistencia característica a la flexión de las uniones dentadas ($f_{m,k}$), debe ser menor o igual al determinado por la fórmula siguiente:

$$t \leq \frac{r}{250} \cdot \left(1 + \frac{f_{m,k}}{80} \right)$$

siendo:

- t el espesor máximo de las láminas, en milímetros;
- r el radio de curvatura del elemento, en milímetros;
- $f_{m,k}$ la resistencia característica a la flexión de las uniones dentadas obtenida de acuerdo con la IRAM 9661, en newton por milímetro cuadrado.

8 UNIONES DE EXTREMOS ENTRE LAS LÁMINAS

8.1 Elaboración

8.1.1 Para conformar láminas de largo mayor que el largo de piezas de madera aserrada clasificada, éstas se deben empalmar por uniones dentadas, de acuerdo con los requisitos de esta norma y de la IRAM 9661.

8.1.2 El tipo de adhesivo debe ser el indicado en el capítulo 5; el proceso de encolado de las uniones de extremos debe cumplir los requisitos indicados en el capítulo 6 y en la IRAM 9661.

8.2 Unión de extremo dentada

8.2.1 La orientación del ensamble puede ser cualquiera de los dos tipos siguientes:

- a) orientación perpendicular: el perfil de los dientes aparece sobre la cara de la pieza;
- b) orientación paralela: el perfil de los dientes aparece sobre el canto de la pieza.

8.2.2 La unión dentada debe cumplir los requisitos indicados en la IRAM 9661.

8.3 Distancia de las uniones dentadas

8.3.1 Elementos laminados encolados formados por láminas fabricadas con una pieza, en su ancho.

8.3.1.1 Medición de la distancia entre uniones. En elementos laminados encolados formados por láminas fabricadas con una pieza en su ancho, la distancia entre uniones dentadas se determina midiendo la distancia entre sectores similares de uniones de láminas adyacentes, según una dirección paralela a los ejes longitudinales de las láminas individuales (ver figura 1).

8.3.1.2 Distancia de las uniones. Se deben evitar las concentraciones de uniones dentadas. A continuación se describen las distancias entre uniones de extremos, de acuerdo con el uso del elemento laminado:

- a) uniones dentadas de elementos traccionados: la distancia entre uniones de extremos ubicadas en una misma lámina o en láminas adyacentes, debe ser igual o mayor que 120 mm;
- b) uniones dentadas de elementos comprimidos: no se restringe la distancia entre uniones de extremos existentes en una misma lámina o en láminas adyacentes;

- c) uniones dentadas de elementos flexionados: para láminas ubicadas en la zona comprendida dentro de $1/4$ de la altura desde el borde traccionado y que en todo caso comprende como mínimo 2 tablas, se aplica el requisito establecido en a). Para aquellas láminas de zonas comprimidas y del resto de la zona traccionada, más cercana al eje neutro, se aplica el requisito establecido en b).

8.3.2 Elementos laminados encolados formados por láminas constituidas por dos o más piezas unidas por su canto

En elementos laminados formados con láminas constituidas por dos o más piezas unidas por sus cantos (ver figura 2), las distancias entre las uniones dentadas que aparecen en una misma lámina y en láminas adyacentes, deben ser mayores que 120 mm.

8.4 Requisitos de las propiedades mecánicas de las uniones dentadas

Las uniones dentadas deben cumplir los requisitos de resistencia a la flexión indicados en la IRAM 9661 (ver también el anexo A de esta norma).

8.5 Uniones de canto

8.5.1 General. Las uniones de canto no requieren de encolado, excepto cuando corresponden a piezas que se diseñan específicamente considerando solicitaciones paralelas a las caras de las láminas (laminación vertical) y en aquellas en las cuales, a juicio del proyectista, las tensiones efectivas lo justifiquen.

8.5.2 Uniones de canto encoladas. Para este caso no existe restricción respecto a la distancia entre uniones de canto encoladas del mismo tipo, ubicadas en láminas adyacentes.

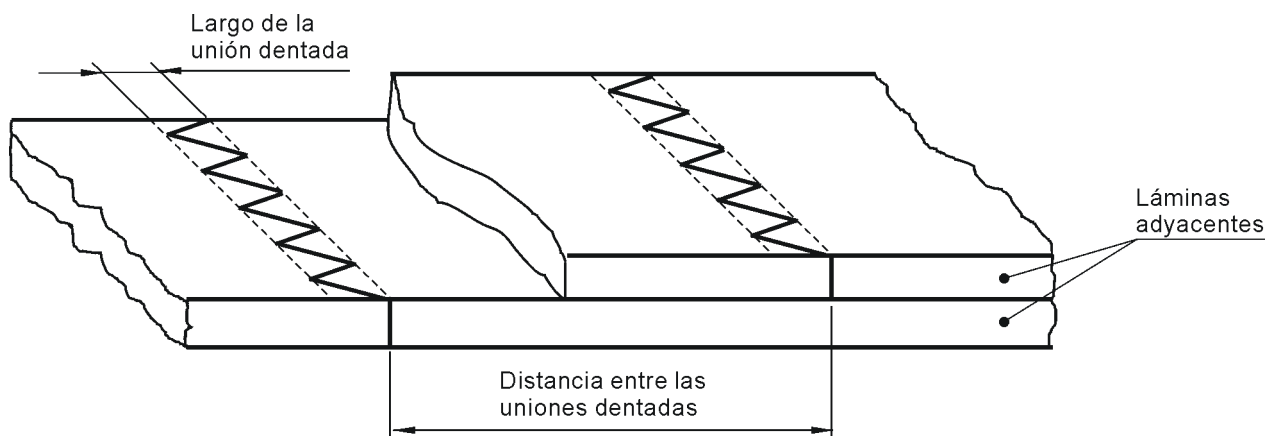


Figura 1 – Distancia entre uniones de extremos en un elemento formado con láminas fabricadas con una pieza, en el ancho

Medidas en milímetros

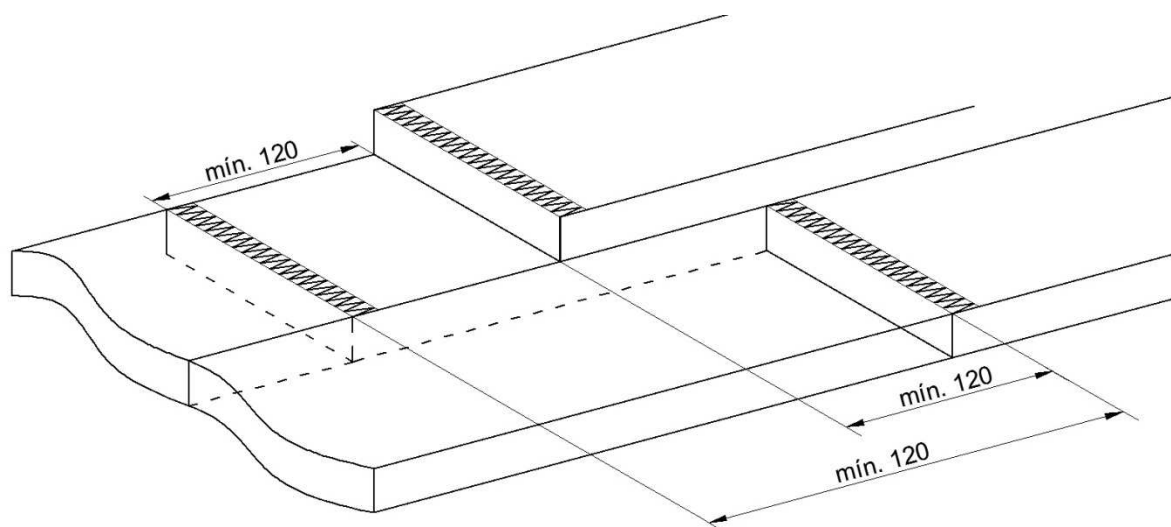


Figura 2 – Distancias mínimas entre uniones dentadas en un elemento laminado con láminas de dos piezas, en el ancho

8.5.3 Uniones de canto sin adhesivo. Cada unión de canto de elementos laminados horizontalmente, que no es encolada antes del proceso general de unión de láminas, debe distanciarse lateralmente de aquellas ubicadas en

láminas adyacentes. Esta distancia, (d), debe ser igual o mayor que el espesor neto, (e), común de las láminas (ver figura 3).

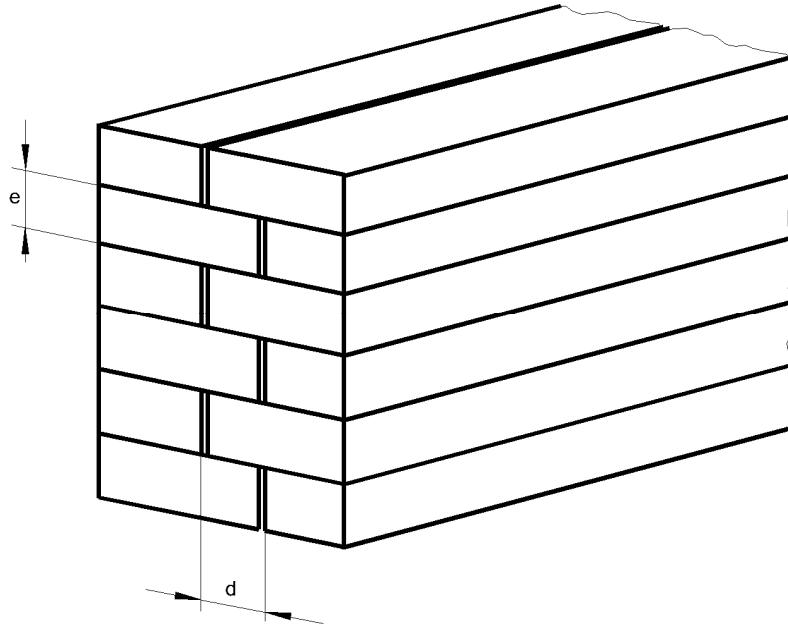


Figura 3 – Distancia entre uniones de canto sin adhesivo

Suma de las separaciones entre cantos: $S_1 + S_2 + \dots$

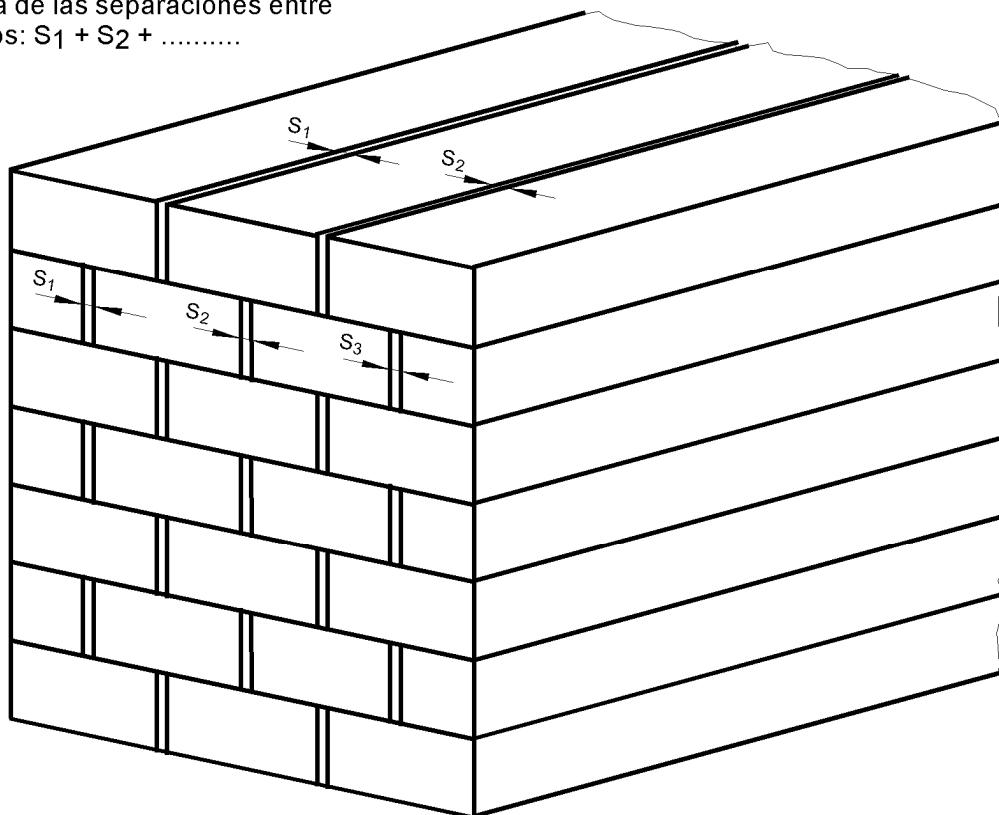


Figura 4 – Separaciones entre cantos (situación en la que no se utiliza adhesivo en la unión entre cantos)

Cuando las láminas se conforman con dos o más piezas de madera aserrada sin encolar sus cantos, se exige que la suma de las separaciones entre los cantos no sea mayor que 6 mm.

Si el elemento laminado, fabricado con láminas conformadas por varias piezas no unidas por sus cantos, se debe usar en la intemperie, será necesario rellenar la separación de los cantos de las dos láminas exteriores desde cada borde, mediante un sellador o parche de madera.

9 ENCOLADO DE LAS LÁMINAS

9.1 Preparación de las láminas

Debe efectuarse de acuerdo con lo establecido en el capítulo 7.

9.2 Preparación del adhesivo

Los adhesivos deben estar rotulados con el nombre del fabricante, el nombre comercial, la fecha de fabricación y la vida útil (ver también IRAM 45055). Se debe contar también con sus instrucciones de uso.

La mezcla del adhesivo, el intervalo entre la mezcla y el esparcido, el esparcido, el tiempo de ensamblado, la presión de ensamblado, la temperatura y el tiempo de curado del adhesivo, deben cumplir con las recomendaciones establecidas por el productor del adhesivo usado. En la preparación del adhesivo se pueden usar equipos automáticos, siempre que se mantengan las proporciones entre los componentes de la mezcla prescriptas por el fabricante.

9.3 Aplicación del adhesivo

9.3.1 La mezcla de adhesivo se debe aplicar uniformemente sobre las superficies de las láminas en una cantidad adecuada. La cantidad y el esparcido del adhesivo en el proceso se deben evaluar de acuerdo con lo indicado en el anexo A de esta norma y con el ensayo descrito en la IRAM 9660-2. En todos los casos se deben considerar las recomendaciones del fabricante del adhesivo.

9.3.2 No se deben usar adhesivos para los cuales haya expirado la vida útil de almacenamiento o la vida útil de la mezcla, períodos éstos especificados por el fabricante del adhesivo.

9.3.3 La temperatura de la mezcla debe determinarse con la suficiente frecuencia a fin de asegurarse que la vida útil de la mezcla del adhesivo no ha sido sobrepasada.

9.3.4 La temperatura de la madera en el momento de aplicar el adhesivo, debe ser igual o mayor a 15 °C o la que especifique como mínima el fabricante del adhesivo usado.

9.3.5 En función de la temperatura de la madera y del ambiente deben aplicarse ajustes en el tiempo de ensamblado, esparcido y condiciones de fraguado. La eficacia de estos ajustes quedará demostrada en los ensayos requeridos en 9.4.

9.3.6 No se permite el encolado de dos paquetes madurados (ver capítulo 10) para conformar un elemento homogéneo (ver también 9.5.3.6).

9.4 Eficacia del encolado

El encolado debe cumplir con lo indicado a continuación.

9.4.1 Uniones con adhesivos de uso exterior. Para evaluar la eficacia del encolado con adhesivos de uso exterior en el control diario de la producción por parte del fabricante, se debe realizar el ensayo de delaminación conforme al procedimiento 1, o el ensayo de cizallamiento en las líneas de encolado, de acuerdo con el anexo A de esta norma y con la IRAM 9660-2.

En el control por parte de una entidad externa se debe realizar el ensayo de delaminación conforme al procedimiento 1, de acuerdo al anexo A de esta norma y con la IRAM 9660-2.

Para que los resultados sean aceptables en el ensayo de delaminación, el largo total de juntas delaminadas en ambas secciones transversales de la probeta debe ser menor o igual al 4% del largo total de juntas encoladas en las mismas secciones.

En el caso que el porcentaje esté comprendido entre el 4% y el 8%, se debe hacer otro ciclo de inmersión y secado completo, como se indica en la IRAM 9660-2 y el resultado final, considerando los dos ciclos, no debe exceder el 8%.

El porcentaje de delaminación de una junta individual en ningún caso debe sobrepasar el 40%.

Para que los resultados sean aceptables en el ensayo de cizallamiento en las líneas de encolado, se deben satisfacer los valores mínimos de rotura por madera en función de la resistencia al cizallamiento (f_v) que se indican en la tabla 1. Para una línea de encolado sólo se aceptan valores de resistencia al cizallamiento (f_v) menores que 6 MPa si el porcentaje de rotura por madera es del 100%.

9.4.2 Uniones con adhesivos de uso interior.

Para evaluar la eficacia del encolado con adhesivos de uso interior, tanto en el control diario de la producción por parte del fabricante como en el control por parte de una entidad externa, se debe realizar el ensayo de delaminación de acuerdo con el procedimiento 2, o el ensayo de cizallamiento en las líneas de encolado, de acuerdo con el anexo A de esta norma y con la IRAM 9660-2.

Para que los resultados sean aceptables en el ensayo de delaminación, el largo total de juntas delaminadas en ambas secciones transversales de la probeta debe ser menor o igual al 10% del largo total de juntas encoladas en las mismas secciones.

El porcentaje de delaminación de una junta individual en ningún caso debe ser mayor que el 40%.

Para que los resultados del ensayo de cizallamiento en las líneas de encolado sean aceptables, se deben cumplir los valores mínimos de rotura por madera en función de la resistencia al cizallamiento (f_v) que se indican en la tabla 1. Para una línea de encolado sólo se aceptan valores menores a 6 MPa para la resistencia al cizallamiento (f_v) si el porcentaje de rotura por madera es del 100%.

9.4.3 Los ensayos deben realizarse sobre probetas fabricadas con las temperaturas máximas y mínimas habituales en la fábrica, durante el proceso de fabricación.

9.5 Prensado

9.5.1 Presión. Se deben considerar las especificaciones del fabricante del adhesivo, pero la presión aplicada en las líneas de encolado debe ser de 0,6 MPa, como mínimo, para láminas de espesores menores o iguales a 35 mm, y de 1,0 MPa para espesores mayores. En el caso de láminas de *Eucalyptus grandis*, los valores anteriores deben incrementarse en un 30%. En ningún caso la presión aplicada debe superar la tensión límite en compresión normal a las fibras para la madera usada.

Tabla 1 – Valores mínimos de rotura por madera en función de la resistencia al cizallamiento (f_v)

	Para el promedio de la probeta			Para cada línea de encolado		
f_v (MPa)	6	8	$f_v \geq 11$	$f_v < 6$	8	$f_v \geq 10$
Rotura por madera (%)	90	72	45	100	74	20

9.5.2 Aplicación de la presión. La presión se debe aplicar mediante prensas diseñadas de modo que aseguren una presión uniforme sobre las caras de las láminas. Se debe mantener la presión aplicada durante un período de tiempo que asegure un estrecho contacto entre las láminas y una película continua de adhesivo. Este período depende de las condiciones ambientales que existan durante el prensado.

Para alcanzar una presión uniforme en el prensado, se debe tener en cuenta que se debe aplicar la fuerza en el punto medio del ancho de la viga, como se observa en el corte A-A de la figura 5 (ver anexo C).

9.5.3 Prensas

9.5.3.1 Para elementos rectos, las superficies de las prensas deben diseñarse de modo que ellas tengan, como mínimo, igual ancho que las láminas a prensar. La distancia (d), máxima entre las prensas debe ser igual al doble de la suma del ancho de la prensa, más el espesor de la placa de repartición, más el espesor de la primera lámina del elemento laminado (ver figura 5). Se recomienda en general que la distancia entre prensas no exceda 0,40 m, salvo que se pueda demostrar que la distribución de las tensiones de prensado es uniforme.

9.5.3.2 Las placas de distribución de presión deben ir a cada lado del elemento de prensa. Si esta placa es de madera, el espesor de ellas debe ser, como mínimo, 1/7 de la distancia definida entre prensas.

9.5.3.3 No se acepta la colocación de clavos en la zona estructural del elemento, como reemplazo de las prensas.

9.5.3.4 Después de extraer el elemento de las prensas y cepillar sus caras, todas las líneas de encolado deben aparecer esencialmente continuas.

9.5.3.5 Para elementos curvos, la distancia entre prensas debe ser menor que para elementos rectos. Las prensas se deben disponer con un radio de curvatura (R_1) menor que el radio (R) de la estructura que se lamina, tal que:

$$R_1 = k \cdot R$$

$$\text{con } k = 1 - \frac{1}{n^2}$$

en donde n corresponde al número de láminas.

En este caso también se deben usar placas de distribución de presión, una a cada lado del elemento en prensa, en lo posible continuas.

9.5.3.6 Cuando la altura del elemento a laminar exceda el ancho de la cepilladora de la planta, se debe laminar un paquete con la medida máxima compatible con la maquinaria, el que una vez madurado se cepilla (ver capítulo 10). Posteriormente se le adicionan las láminas necesarias para completar la altura, las que se cepillan con una herramienta portátil.

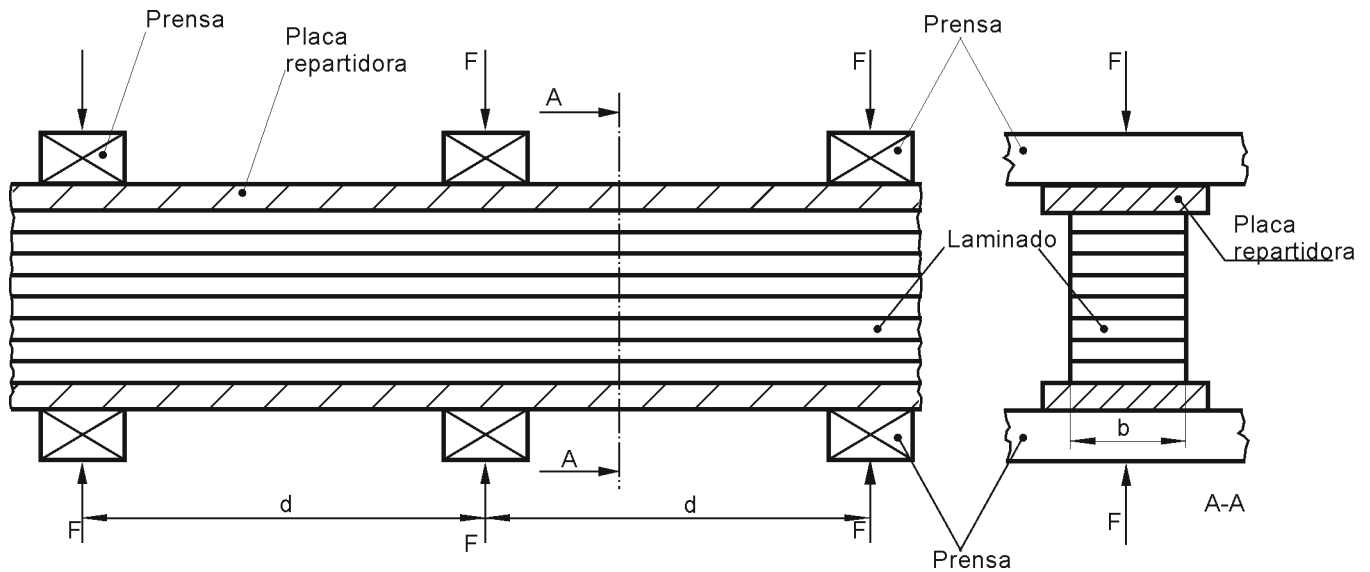


Figura 5 – Distancia entre prensas

10 MADURACIÓN

Después del prensado, se almacena el elemento laminado en un lugar con las condiciones ambientales indicadas en 6.3 o las que el fabricante del adhesivo estipule. El período de tiempo de maduración debe ser también indicado por el fabricante del adhesivo.

11 REQUISITOS DE LA MADERA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL

11.1 Medidas y tolerancias

11.1.1 Medidas y forma. Las medidas y forma de la madera laminada se deben acordar entre

el usuario y el productor, antes del proceso de producción.

11.1.2 Tolerancias. Las tolerancias en el producto terminado son las indicadas en la tabla 2.

11.1.3 Curvatura o rectitud. En este caso la tolerancia es aplicable al término del proceso de fabricación, sin tomar en cuenta la deformación por peso propio. Los valores se indican en la tabla 3.

Tabla 2 - Tolerancias de las medidas

Dimensión		Tolerancia
Ancho		$\pm 2 \text{ mm}$
Alto		$^{+1}_{-0,5} \%$, con un máximo de 3 mm
Largo, L	si $L \leq 6 \text{ m}$	$\pm 2 \text{ mm}$
	si $L > 6 \text{ m}$	$\pm 0,03\%$

Tabla 3 - Tolerancias de la curvatura o rectitud

Tolerancia en función del largo L (m)	Largo	Tolerancia
	si $L \leq 6 \text{ m}$	$\pm 6 \text{ mm}$
	si $L > 6 \text{ m}$	$\pm [6 \text{ mm} + 0,5 \cdot (L - 6)] \text{ mm}$, con un máximo de 20 mm

Las tolerancias se aplican a elementos rectos o ligeramente curvados. No son aplicables a elementos curvos tales como arcos.

11.1.4 Ortogonalidad de la sección transversal. La ortogonalidad se determina ajustando un lado de una escuadra sobre la cara inferior o superior del elemento laminado y midiendo la desviación de la cara vertical respecto a la escuadra.

La tolerancia admisible es $\pm 2\%$ de la altura especificada, a menos que se estipule una sección transversal con forma especial.

11.2 Aspecto de la viga

Las descripciones que se establecen para las clases por aspecto, se deben aplicar a la calidad de las superficies (caras y cantos) de un elemento laminado estructural, una vez terminada su fabricación, pero antes de un eventual tratamiento con pintura, barniz, u otro recubrimiento de protección. Los requisitos definidos para las diferentes clases no intentan modificar las especificaciones de fabricación o de servicio. Las tres clases que se describen pueden ser modificadas por el usuario por común acuerdo con el fabricante.

11.2.1 Clase arquitectónica. Cada elemento laminado de esta clase debe presentar sus cuatro caras cepilladas y lijadas. Se deben rellenar los huecos que aparecen en las caras. Los parches se fabrican con igual color, colocándose con sus fibras paralelas a las del elemento laminado. Las láminas exteriores deben estar libres de nudos sueltos y de agujeros y ser elegidos cuidadosamente de modo que coincidan en color y dirección de la fibra en las uniones de extremos.

NOTA. Esta clase se recomienda para usos en los cuales el aspecto del elemento es de primera importancia. Los elementos de la clase arquitectónica son aptos para pulirlos o barnizarlos.

11.2.2 Clase comercial. Cada elemento debe presentar sus cuatro caras cepilladas. Los daños y manchas en las superficies no necesitan ser mejorados. Las láminas exteriores deben estar libres de nudos sueltos y de agujeros.

NOTA. Se recomienda esta clase en usos en los cuales el elemento queda a la vista, pero donde el aspecto no es importante. No se recomienda pulir o barnizar las superficies. Una terminación aceptable es con pintura, la que no debe aplicarse antes que el elemento sea inspeccionado.

11.2.3 Clase industrial. El elemento de esta clase se usa tal como sale de prensa. Los daños y manchas en las caras no necesitan ser mejorados.

NOTA. Se recomienda esta clase en usos en los cuales el elemento queda oculto, o donde el aspecto no tiene importancia alguna. Se recomienda que la manipulación del elemento sea cuidadosa pues, las puntas aguzadas del adhesivo escurrido desde la superficie encolada, pueden provocar heridas en la piel.

11.3 Parches

Para cumplir o mejorar requisitos de aspecto y donde el diseño estructural lo permita, se puede eliminar una zona defectuosa y reemplazarla por un parche de madera sana cuyo largo no sea mayor que el máximo defecto permitido en la clase de resistencia de la madera usada. Para su instalación se exige que:

- a) el contenido de humedad del parche cumpla con las especificaciones indicadas para las láminas;
- b) el tipo de adhesivo sea el empleado para unir las láminas del elemento estructural;
- c) la dirección de la fibra del parche sea paralela a la fibra de la lámina que se repara;
- d) la profundidad del parche cumpla con lo estipulado en la tabla 4.

12 MARCADO, ROTULADO Y EMBALAJE

12.1 Marcado. La madera laminada encolada estructural se debe marcar con las indicaciones siguientes:

- a) la identificación del material;
- b) el nombre, marca comercial u otro tipo de identificación de la fábrica;
- c) la mención de esta norma (IRAM 9660-1);
- d) la especie de madera con que se elaboró;
- e) el grado de resistencia del elemento estructural y si es homogéneo o combinado;
- f) la aclaración de que es apto para uso interior o exterior, según corresponda;
- g) la clase según su aspecto;
- h) uso estructural del elemento (viga, columna, elemento traccionado, etc.) e indicación del borde comprimido en aquellos destinados a la flexión;
- i) el número de lote o de partida de fabricación;
- j) lo que indiquen las reglamentaciones vigentes.

12.2 El marcado debe ser indeleble o resistente a la humedad. La ubicación de la marca debe ser tal que no afecte el aspecto del elemento.

12.3 Se recomienda la colocación de una leyenda adicional a la marca o un rótulo, a fin de que a través de él se pueda incluir: acabado superficial o tratamiento superficial, número de orden, o cualquier otra información relevante.

Tabla 4 - Profundidad máxima admisible del parche

Ancho nominal de la lámina b_n (mm)	Profundidad máxima del parche, p , para láminas ubicadas en elementos:	
	Comprimidos	Traccionados
$b_n < 150$	$p \leq 12 \text{ mm}$	$p \leq 6 \text{ mm}$
$b_n \geq 150$	$p \leq 19 \text{ mm}$	$p \leq 10 \text{ mm}$

Anexo A

(Normativo)

Inspección y recepción

A.1 General

La seguridad de cumplir con los requisitos de esta norma la debe dar el sistema de calidad permanente que aplique el fabricante en las diferentes operaciones de producción, además de las inspecciones y ensayos que realice una entidad externa. Estas inspecciones no se aconseja que se anuncien con anticipación, salvo los detalles necesarios para la organización de las actividades. La empresa debe poner a disposición de la entidad externa los recursos humanos y físicos relacionados con el sistema de calidad a inspeccionar y brindar toda la información que se requiera a ese fin.

El control del proceso de fabricación de elementos laminados estructurales tiene como finalidad asegurar que ellos cumplan con los requisitos de esta norma. Los procedimientos de inspección y ensayos que se deben realizar, para lograr tal objetivo, son los indicados a continuación.

A.2 Control por parte del fabricante

El fabricante de la viga debe realizar un control diario de la línea de producción, que incluya los siguientes ítems:

- a) comprobaciones en la línea de producción (ver A.2.1),
- b) ensayos (ver A.2.2).

A.2.1 Comprobaciones en la línea de producción

Se deben orientar hacia aquellas variables que pueden afectar la calidad del encolado, tales como:

- a) temperatura y humedad relativa ambiental;
- b) especie maderera y ubicación de las diferentes clases de resistencia de las láminas;
- c) contenido de humedad y temperatura de la madera;
- d) medidas (espesor, ancho y largo);
- e) cepillado;
- f) tipo de adhesivo;
- g) preparación del adhesivo;
- h) uniones de extremos y de canto;
- i) encolado de las láminas;
- j) cantidad y esparcido del adhesivo;
- k) tiempos de ensamblado;
- l) prensado y condiciones ambientales de la maduración;
- m) forma, curvatura y sección transversal;

- n) detalles de terminación;
- o) clasificación por resistencia y por aspecto.

Las mediciones y comprobaciones se deben realizar sistemáticamente y como mínimo, en cada prensada, especialmente si se produce una falla o un cambio en las máquinas y/o equipos, alteraciones en la temperatura y humedad relativa ambiente, variación en el volumen de producción, o reemplazos en el personal que participa en el proceso productivo.

Todo lo anterior debe quedar registrado en el libro de control de producción que debe mantener el fabricante, en la planta.

A.2.2 Ensayos

En la tabla A.1 se incluye un resumen de los ensayos, que se deben efectuar rutinariamente.

A.2.2.1 Muestreo. El número de muestras diarias se incluye en la tabla A.1. Todas las muestras deben ser seleccionadas al azar y ser representativas de la producción.

En algunas situaciones y a fin de evaluar períodos específicos del proceso de producción que pueden ser cuestionables, se pueden obtener muestras suplementarias.

A.2.2.2 Realización. Los ensayos que se deben realizar se indican en la tabla A.1 y sus requisitos se incluyen en los apartados respectivos de esta norma o en la IRAM 9661, a los que se hace referencia en la tabla A.1.

Tabla A.1 - Resumen de los ensayos mecánicos para el control diario de la producción

Elemento que se ensaya	Número mínimo de probetas	Ensayo y norma a aplicar	Apartado de referencia
Uniones de láminas y/o cantos ¹⁾ con adhesivos de uso exterior	1 por turno	Delaminación, procedimiento 1, IRAM 9660-2 ²⁾	9.4.1
	1 por turno	Cizallamiento en las líneas de encolado, IRAM 9660-2 ²⁾	
Uniones de láminas y/o cantos con adhesivos de uso interior ¹⁾	1 por turno	Delaminación, procedimiento 2, IRAM 9660-2 ²⁾	9.4.2
	1 por turno	Cizallamiento en las líneas de encolado, IRAM 9660-2 ²⁾	
Uniones dentadas	3 por turno y 1 por lote (ver IRAM 9661)	Ensayo de flexión, IRAM 9661	8.4
Esparcido del adhesivo	1 por turno	Ensayo de medición del adhesivo esparcido, IRAM 9660-2	9.3.1
NOTAS:			
1) Se ensayan las uniones de cantos cuando éste sea un requisito estructural (ver 8.5).			
2) Tanto para adhesivos de uso exterior como de uso interior, en el control diario de la producción, el fabricante puede optar por uno de los dos ensayos indicados (ver apartados de referencia).			

A.2.3 Criterios de aceptación

Los criterios de aceptación de los resultados obtenidos en los ensayos se explicitan en los apartados de referencia de esta norma, indicados también en la tabla A.1.

En caso que se realicen ensayos adicionales o complementarios para corroborar resultados dudosos o no satisfactorios, éstos deben constar en la documentación del sistema de calidad.

Cuando los resultados no fuesen aceptables según lo estipulado en esta norma, se debe identificar con precisión el lote del producto involucrado en esta situación. Inmediatamente se deben intensificar los controles para determinar las causas de los desvíos. Cuando éstas hayan sido encontradas, los ensayos deben repetirse para corroborar la corrección completa de los problemas. Se debe decidir el destino final de la producción compuesta por los elementos que se hayan fabricado con los problemas detectados, y notificar a los clientes en caso que se deban tomar precauciones especiales. Este tipo de situaciones debe quedar registrado en la documentación del sistema de calidad.

A.3 Control por parte de una entidad externa

A.3.1 General. La entidad externa será la encargada de inspeccionar el sistema de calidad adoptado por el fabricante y de comprobar la aptitud de los procesos de fabricación de los elementos laminados estructurales. Para ello es necesario que esta entidad pueda:

- a) operar un sistema de inspección que analice la idoneidad del sistema de control de la fábrica;
- b) disponer de las instalaciones y el personal para ejecutar la inspección y ejecutar los ensayos que se indican en esta norma;
- c) informar sobre la aptitud de la fábrica para producir de acuerdo con las especificaciones de esta norma;
- d) mantener inspecciones periódicas sobre el proceso productivo de la fábrica y sobre la calidad del producto destinadas a confirmar el cumplimiento de los requisitos de esta norma;
- e) controlar al apropiado uso de los certificados y sellos de calidad;
- f) ser independiente del interés económico de la fábrica que se controla, para lo cual no debe participar en la fabricación de parte alguna del producto que se esté inspeccionando;
- g) contar con profesionales idóneos y con el equipamiento adecuado a los fines requeridos por esta norma.

A.3.2 Toma de muestras

En fábrica. El muestreo que debe realizar la entidad externa se incluye en la tabla A.2.

Tabla A.2 - Resumen de los ensayos necesarios para la verificación de la calidad de la elaboración de la viga laminada por parte de la entidad externa

Elemento que se ensaya	Número mínimo de inspecciones por año	Número mínimo de probetas por inspección	Ensayo y norma a aplicar	Apartado de referencia
Uniones de láminas y/o cantos ¹⁾ con adhesivos de uso exterior ²⁾	2	6	Ensayo de delaminación, procedimiento 1, IRAM 9660-2 ³⁾	9.4.1
Uniones de láminas y/o cantos con adhesivos de uso interior ¹⁾	2	6	Ensayo de delaminación, procedimiento 2, IRAM 9660-2 ³⁾	9.4.2
	2	6	Ensayo de cizallamiento en las líneas de encolado, IRAM 9660-2 ³⁾	
Uniones dentadas	2	15	Ensayo de flexión, IRAM 9661	8.4
Esparcido del adhesivo	2	1 de cada turno inspeccionado	Ensayo de medición del adhesivo esparcido, IRAM 9660-2	9.3.1

NOTAS:

- 1) Se ensayan las uniones de cantos cuando éste sea un requisito estructural (ver 8.5).
- 2) El fabricante podrá remitir a la entidad externa las probetas cuando no se contemple su producción al momento de la inspección, o podrá conservarlas hasta que ésta se produzca.
- 3) Para los adhesivos de uso exterior, la entidad externa debe hacer el ensayo de delaminación conforme al procedimiento 1 de la IRAM 9660-2. Para los adhesivos de uso interior, la entidad externa puede optar por uno de los dos ensayos indicados (ver apartados de referencia).

Anexo B

(Informativo)

Valores característicos de la madera laminada encolada estructural

La madera laminada encolada estructural que se elabora siguiendo los requisitos de la presente norma, se espera que alcance los valores característicos que se exponen a continuación, los cuales han sido determinados conforme a la norma IRAM 9663-(2013).

Especie	Grado de resistencia	Módulo de rotura a la flexión (MOR) ⁽¹⁾ (MPa)	Módulo de elasticidad en flexión (MOE) ⁽²⁾ (MPa)
Pino taeda/elliotti	Grado 1	20	12 500
	Grado 2	13	7 500
Pino Paraná	Grado 1	24	15 000
	Grado 2	20	13 000
Eucalipto grandis	Grado 1	24	15 000
	Grado 2	21	13 000
Álamo	Grado 1	20	10 500
	Grado 2	18	9 500
⁽¹⁾ Valor característico (5%) ajustado a las medidas de referencia (ancho b = 150 mm, y alto h = 600 mm) conforme a la UNE-EN 1194:1999 - Estructuras de madera. Madera laminada encolada. Clases resistentes y determinación de los valores característicos. ⁽²⁾ Valor característico medio ajustado a un contenido de humedad del 12% conforme a la norma UNE-EN 384:1996 – Madera estructural. Determinación de los valores característicos de las propiedades mecánicas y la densidad.			

Anexo C

(Informativo)

Presión ejercida por la prensa

Para calcular la fuerza requerida en cada prensa a fin de prever una presión adecuada en cada capa de encolado, se puede aplicar la fórmula siguiente (ver también la figura 5):

$$F = P_o \cdot b \cdot d$$

siendo:

- F la fuerza aplicada por la prensa, en newton;
- P_o la presión requerida, en megapascal;
- b el ancho de la lámina prensada, en milímetros;
- d la distancia entre prensas, en milímetros.

Se deben disponer los estudios necesarios para conocer el valor de la fuerza F ejercida por cada prensa, cualquiera sea el sistema de accionamiento.

Anexo D (Informativo)

Símbolos empleados en esta norma

b_n	el ancho nominal de la lámina;
b	el ancho de la lámina prensada;
d	la distancia entre prensas;
F	la fuerza aplicada por la prensa;
$f_{m,k}$	la resistencia característica a flexión de las uniones dentadas;
f_v	resistencia al cizallamiento;
L	el largo;
n	el número de láminas;
p	la profundidad máxima del parche;
P_o	la presión requerida;
r	el radio de curvatura del elemento;
S	la separación entre canto;
t	el espesor máximo de las láminas.

Anexo E

(Informativo)

Bibliografía

En la revisión de esta norma se ha tenido en cuenta el antecedente siguiente:

IRAM - INSTITUTO ARGENTINO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN
IRAM 9660-1:2006 - Madera laminada encolada estructural. Parte 1: Clases de resistencia y requisitos de fabricación y de control.

Anexo F

(Informativo)

Integrantes del organismo de estudio

El estudio de esta norma ha estado a cargo del organismo respectivo, integrado en la forma siguiente:

Subcomité de Maderas

Integrante	Representa a:
Ing. Alejandro CUNHA FERRE	INTI MADERA Y MUEBLES
Ing. Julio BENITO FERNANDEZ	INTI CIRSOC
Ing. Alfredo GUILLAUMET	UTN FRVT
Ing. Ricardo GÓMEZ	UTN FRCU
Sr. Ariel MAIDANA	EDERRA S.A.
Ing. Ricardo MARINO	UTNGP
Ing. Adrián MENDIZABAL	EDERRA S.A.
Sr. Fernando MENDIZABAL	EDERRA S.A.
Ing. Gerardo MERENGONE	JUCARBE S.A.
Ing. Esteban Alberto MORALES	INTI MADERA Y MUEBLES
Ing. Gerardo MUJICA	INTA
Ing. Juan Carlos PITER	UTN FRCU
Sr. Juan SÁNCHEZ	ASERRADERO JUAN SÁNCHEZ
Ing. María SOSA ZITTO	UTN FRCU
Ing. Eduardo TORRÁN	UTN FRCU
Ing. Luis BISTOLETTI	IRAM

TRAMITE

La revisión de esta norma se realizó en las reuniones del 05 de Septiembre de 2012 (Acta 1-2012), 02 de Octubre de 2012 (Acta 2-2012, 07 de Mayo de 2013 (Acta 2-2013) y 25 de Septiembre de 2013 (Acta 5-2013), en la última de las cuales se lo aprobó como Esquema 1 y se dispuso su envío a Discusión Pública por el término de 30 d.

Asimismo, en el estudio de este Esquema se han considerado los aspectos siguientes:

Aspectos	¿SE HAN INCORPORADO? Sí / No / No corresponde	Comentarios
Ambientales	No	
Salud	No	
Seguridad	No	

APROBADO SU ENVÍO A DISCUSIÓN PÚBLICA POR EL SUBCOMITÉ DE MADERAS, EN SU SESIÓN DEL 25 DE SETIEMBRE DE 2013 (Acta 5-2013).

FIRMADO

Ing. Luis C. Bistoletti
Coordinador del Subcomité

FIRMADO

Ing. Eduardo Torrán
Secretario del Subcomité

FIRMADO

Ing. Adriana Nuñez
Vº Bº Gerente de Química y otras Tecnologías