Capítulo 5

# Ejecución, control y mantenimiento





### Edición:

Construir con Madera (CcM)

**CcM** es una iniciativa de la Confederación Española de Empresarios de la Madera (CONFEMADERA) en el marco del programa Roadmap2010, que cuenta con la financiación y apoyo de promotores públicos y privados.

### **CONFEMADERA**

C/ Recoletos 13; 1° dcha 28001 Madrid Tfno 915944404

www.confemadera.es

### Autor:

CARLES LABÈRNIA I BADIA Institut Tecnològic de Lleida

### Dirección y coordinación:

JUAN I. FERNÁNDEZ-GOLFÍN SECO Centro de Investigación Forestal (CIFOR-INIA) Ministerio de Ciencia e Innovación

### MARTA CONDE GARCÍA

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes Universidad de Córdoba

LUIS VEGA CATALÁN Y JUAN QUEIPO DE LLANO MOYA Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja Unidad de Calidad en la Construcción Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) Ministerio de Ciencia e Innovación

### Créditos fotográficos:

Fotografía de portada: GRUPO HOLTZA

ISBN: 978-84-693-1291-9 Depósito legal: M-17444-2010

Derechos de la edición: CONFEMADERA

© de los textos: CARLES LABERNIA I BADIA

### Con la financiación del



### INDICE

Introducción	3
Consideraciones generales sobre el control de recepción en obra de productos, equipos y sistemas	į
Recepción	7
Madera aserrada	7
Madera laminada encolada	11
Tableros	14
Elementos estructurales realizados en el taller	23
Elementos mecánicos de fijación	25
Ejecución	27
Control de la ejecución en obra	27
Almacenamiento	27
Control del montaje	27
Control de ejecución de uniones	28
Comprobación de puntos críticos	42
Tolerancias de obra acabada	42
Mantenimiento	43

### INTRODUCCIÓN

De acuerdo con las disposiciones generales del CTE, la ejecución de una obra se llevará a cabo con sujeción:

- al proyecto, que según el artículo 6 de la parte 1, debe definir las obras proyectadas con el detalle adecuado a sus características, de modo que pueda comprobarse que las soluciones propuestas cumplen las exigencias básicas del CTE y demás normativa aplicable, incluyendo, al menos, la siguiente información:
  - las características técnicas mínimas que deben reunir los productos, equipos y sistemas que se incorporen de forma permanente en el edificio proyectado, así como sus condiciones de suministro, las garantías de calidad y el control de recepción que deba realizarse;
  - las características técnicas de cada unidad de obra, con indicación de las condiciones para su ejecución y las verificaciones y controles a realizar para comprobar su conformidad con lo indicado en el proyecto. Se precisarán las medidas a adoptar durante la ejecución de las obras y en el uso y mantenimiento del edificio, para asegurar la compatibilidad entre los diferentes productos, elementos y sistemas constructivos;
  - las verificaciones y las pruebas de servicio que, en su caso, deban realizarse para comprobar las prestaciones finales del edificio; y
  - las instrucciones de uso y mantenimiento del edificio terminado, de conformidad con lo previsto en el CTE y demás normativa que sea de aplicación.
- a las modificaciones autorizadas por el director de la obra previa conformidad del promotor.
- a la legislación aplicable.
- a las normas de la buena práctica constructiva.
- a las instrucciones del director de obra y del director de la ejecución de la obra.

Durante la construcción de la obra se elaborará la documentación reglamentaria exigible. En ella se incluirá, sin perjuicio de lo que establezcan las Administraciones Públicas competentes, la documentación del control de calidad realizado a lo largo de la obra.

El control de calidad de las obras realizadas incluirá el control de recepción de productos, los controles de la ejecución y de la obra terminada. Para ello:

- El director de la ejecución de la obra recopilará la documentación del control realizado, verificando que es conforme con lo establecido en el proyecto, sus anejos y modificaciones.
- El constructor recabará de los suministradores de productos y facilitará al director de la obra y al director de la ejecución de la obra la documentación de los productos anteriormente señalados, así como las instrucciones de uso y mantenimiento, y las garantías correspondientes cuando proceda.
- Una vez finalizada la obra, la documentación del seguimiento del control será depositada por el director de la ejecución de la obra en el Colegio Profesional correspondiente o, en su caso, en la Administración Pública competente, que asegure su tutela y se comprometa a emitir certificaciones de su contenido a quienes acrediten su interés legítimo.

Durante la construcción de las obras el director de obra y el director de la ejecución de la obra realizarán, según sus respectivas competencias, los controles siguientes:

- Control de recepción en obra de los productos, equipos y sistemas que se suministren a la obra.
- Control de ejecución de la obra.
- Control de la obra terminada.

## Ejecución, Control y Mantenimiento

### CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE EL CONTROL DE RECEPCIÓN EN OBRA DE PRODUCTOS, EQUIPOS Y SISTEMAS

El control de recepción tiene por objeto comprobar que las características técnicas de los productos, equipos y sistemas suministrados satisfacen lo exigido en el proyecto. Este control comprenderá:

- El control de la documentación de los suministros.
- El control mediante distintivos de calidad o evaluaciones técnicas de idoneidad.
- El control mediante ensayos.

### Control de la documentación de los suministros

Los suministradores entregarán al constructor, quien facilitará al director de ejecución de la obra, los documentos de identificación del producto exigido por la normativa de obligado cumplimiento y, en su caso, por el proyecto o por la dirección facultativa. Esta documentación comprenderá, al menos, los siguientes documentos:

- Los documentos de origen, hoja de suministro y etiquetado.
- El certificado del fabricante, firmado por persona física.
- Los documentos de conformidad o autorizaciones administrativas exigidas reglamentariamente, incluida la documentación correspondiente al marcado CE de los productos, cuando sea pertinente, de acuerdo con las disposiciones que sean transposiciones de las Directivas Europeas que afecten a los productos suministrados.

### Control de recepción mediante distintivos de calidad y evaluaciones de idoneidad técnica

El suministrador proporcionará la documentación precisa sobre:

- Los distintivos de calidad que ostenten los productos o sistemas suministrados, que aseguren las características técnicas de los mismos exigidas en el proyecto y documentará, en su caso, el reconocimiento oficial del distintivo de acuerdo con lo establecido en el artículo 5.2.2 de las Disposiciones Generales del CTE.
- Las evaluaciones técnicas de idoneidad para el uso previsto de productos y sistemas innovadores, de acuerdo con lo establecido en el artículo 5.2.5 de las Disposiciones Generales del CTE., y la constancia del mantenimiento de sus características técnicas

El director de la ejecución de la obra verificará que esta documentación es suficiente para la aceptación de los productos y sistemas amparados por ella.

### Control de recepción mediante ensayos

Para verificar el cumplimiento de las exigencias básicas del CTE puede ser necesario, en determinados casos, realizar ensayos y pruebas sobre algunos productos, según lo establecido en la reglamentación vigente, o bien según lo especificado en el proyecto u ordenados por la dirección facultativa.

La realización de este control se efectuará de acuerdo con los criterios establecidos en el proyecto o indicados por la dirección facultativa sobre el muestreo del producto, los ensayos a realizar, los criterios de aceptación y rechazo y las acciones a adoptar.

Con el ánimo de facilitar a los agentes implicados en el proceso el cumplimiento de sus respectivas obligaciones, se redacta este capítulo dedicado al control, la ejecución y el mantenimiento de los diferentes materiales y soluciones constructivas en estructuras de madera.

### **RECEPCIÓN**

La recepción de los diferentes materiales y elementos que integran una estructura de madera, es el primer eslabón de la cadena de controles y comprobaciones que determinan una correcta ejecución de la estructura con garantías de funcionalidad y durabilidad en el tiempo.

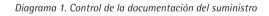
La recepción implica cuatro niveles de control claramente diferenciados:

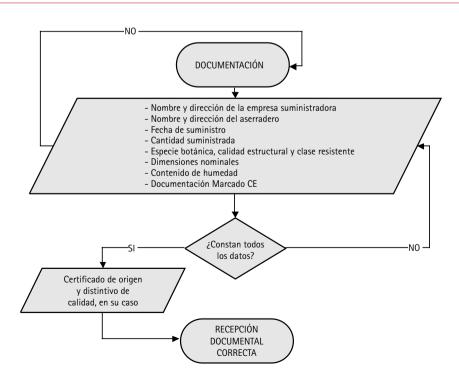
- El control documental del suministro
- El control del material suministrado
- El control dimensional y de propiedades
- El control del certificado del tratamiento de protección

En los puntos que siguen se han agrupado los diferentes niveles de control exigibles para los diferentes tipos de materiales que se pueden emplear en una estructura de madera.

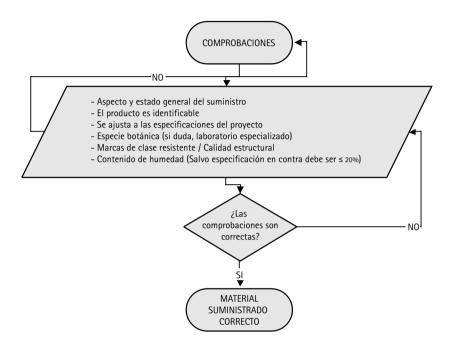
### MADERA ASERRADA

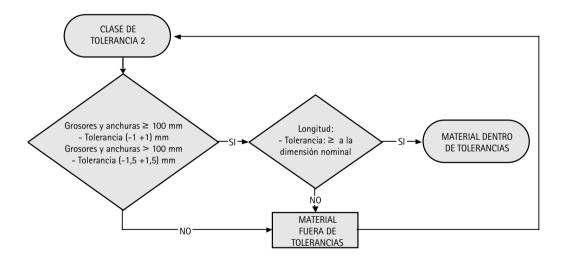
Los diferentes tipos de control a efectuar en madera aserrada, se indican a continuación en forma de diagramas de flujo:





### Diagrama 2. Control del material suministrado



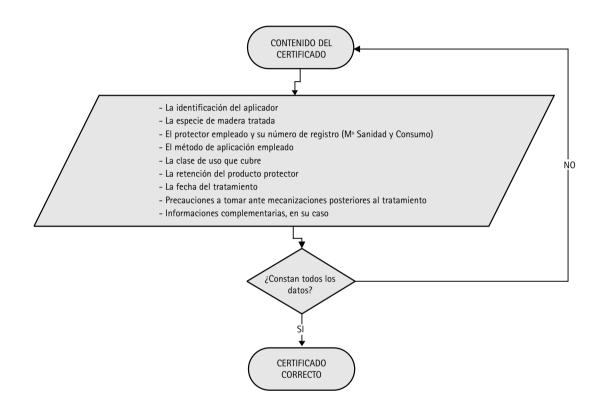


Las tolerancias anteriores son aplicables a las piezas que tengan cantos paralelos y con grosores o anchos de aserrado en el rango de 22 mm a 300 mm. Salvo situaciones especiales y en ausencia de especificaciones particularizadas, se aplicará la clase de tolerancia 1.

Las dimensiones se medirán según la Norma UNE EN 1309-1.

El contenido de humedad de referencia es el 20 %. A menos que se demuestre lo contrario, en coníferas, deberá asumirse que el grosor y la anchura de una pieza de madera se incrementan en un 0,25 % por cada 1,0 % de aumento de contenido de humedad en el intervalo del 20 % al 30 % y disminuyen en un 0,25 % por cada 1,0 % de disminución de humedad por debajo del 20 %. Estos valores son típicos, sin tener en cuenta las especies.

### Diagrama 4. Control del certificado del tratamiento de protección de la madera



### MADERA LAMINADA ENCOLADA

Los diferentes tipos de control a efectuar en elementos estructurales de madera laminada encolada, se indican a renglón seguido:

Diagrama 5. Control de la documentación del suministro

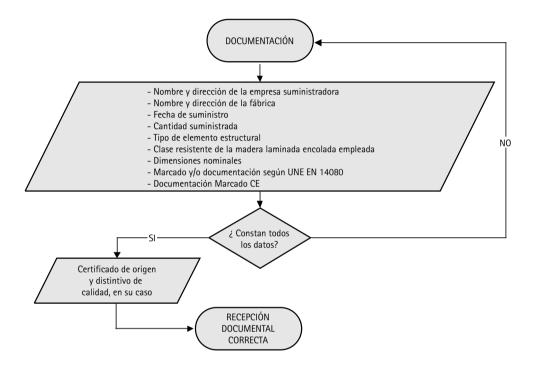
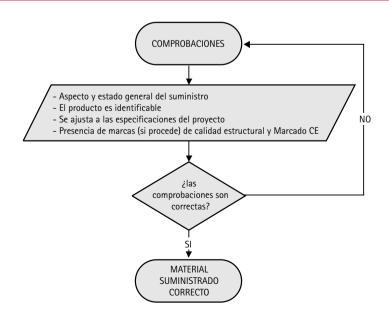
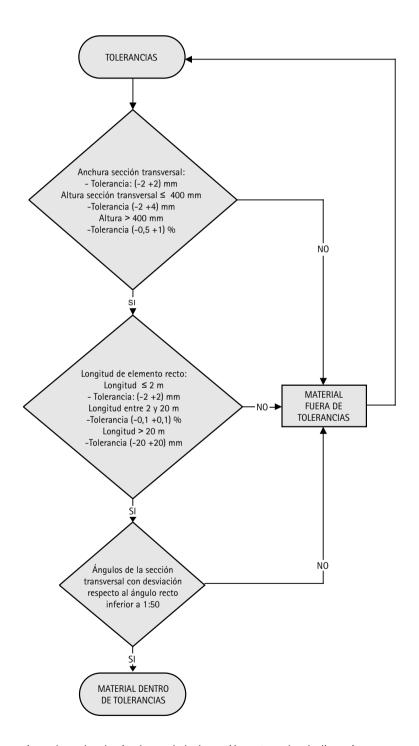


Diagrama 6. Control del material suministrado





Las tolerancias anteriores son aplicables a piezas de madera laminada encolada de sección rectangular, de dimensiones comprendidas entre los 50 mm y 300 mm de anchura y los 100 mm a 2500 mm de altura.

El contenido de humedad de referencia es el 12 %.

Si el contenido de humedad de la madera es diferente del de referencia, la dimensión corregida se calcula de acuerdo con las indicaciones de la norma UNE EN 390.

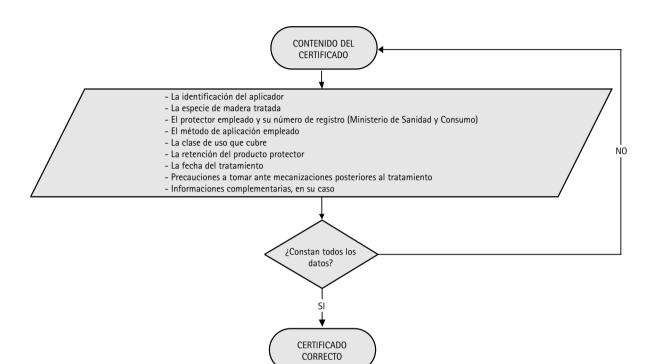


Diagrama 8. Control del certificado del tratamiento de protección de la madera

### **TABLEROS**

Los controles a efectuar en los diferentes tipos de tableros estructurales, se indican seguidamente:

Diagrama 9. Control documental del suministro

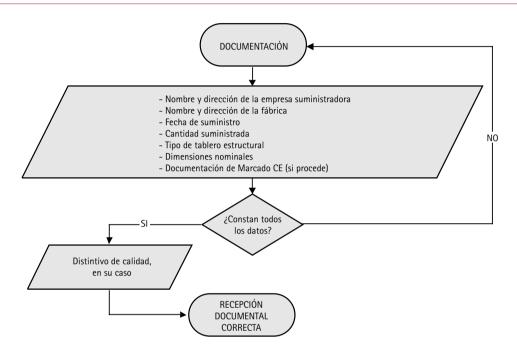
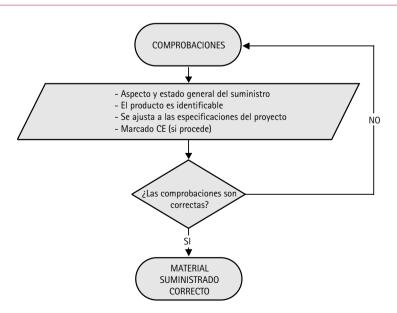
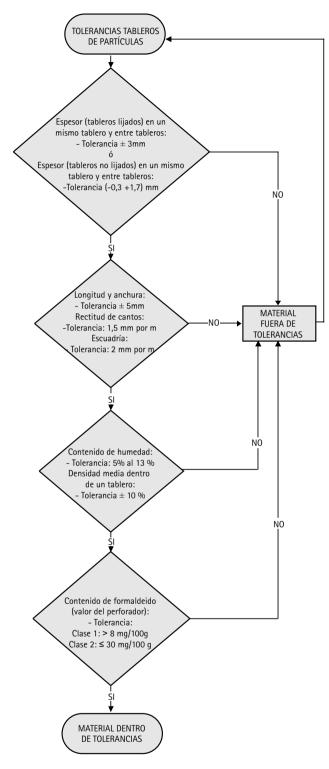


Diagrama 10. Control del material suministrado





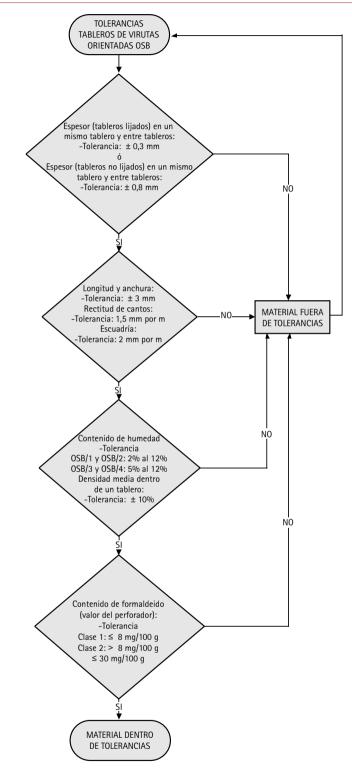
La rectitud de cantos y escuadría se determinan de acuerdo a la norma UNE EN 324-2

La densidad se determina con la metodología indicada en la norma UNE EN 323

Estos valores están referidos a una humedad en el material que se corresponde con una humedad relativa del 65 % y una temperatura de 20°C

El contenido de humedad se establece según el método de la norma UNE EN 322

Los valores del perforador, determinados de acuerdo con la norma UNE EN 120, se refieren a un contenido de humedad del material del 6,5 %. En el caso de que el tablero se encuentre a una humedad diferente, el valor deberá corregirse de acuerdo con las indicaciones que constan en la norma UNE EN 312-1



La rectitud de cantos y escuadría se determinan de acuerdo a la norma UNE EN 324-2

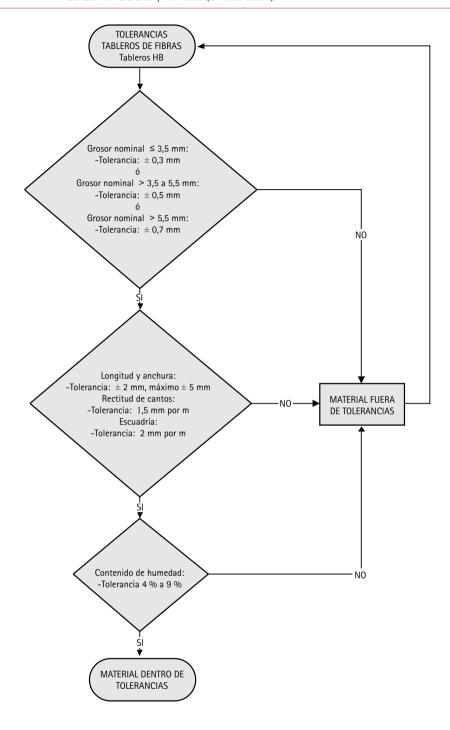
Determinadas aplicaciones de los tableros OSB pueden requerir otras tolerancias. En este caso consultar las normas de ejecución correspondientes

La densidad se determina con la metodología indicada en la norma UNE EN 323

Estos valores están referidos a una humedad en el material que se corresponde con una humedad relativa del 65 % y una temperatura de  $20^{\circ}C$ 

El contenido de humedad se establece según el método de la norma UNE EN 322

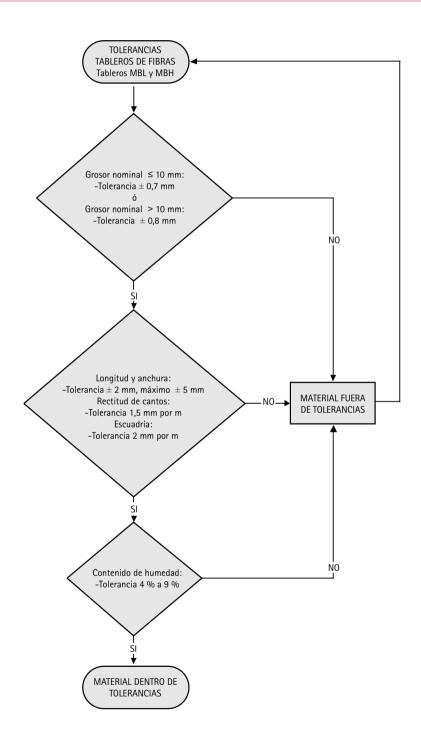
Los valores del perforador se determinan de acuerdo con la norma UNE EN 120



La rectitud de cantos y escuadría se determinan de acuerdo a la norma UNE EN 324-2

La densidad se determina con la metodología indicada en la norma UNE EN 323

El contenido de humedad se establece según el método de la norma UNE EN 322



La rectitud de cantos y escuadría se determinan de acuerdo a la norma UNE EN 324-2

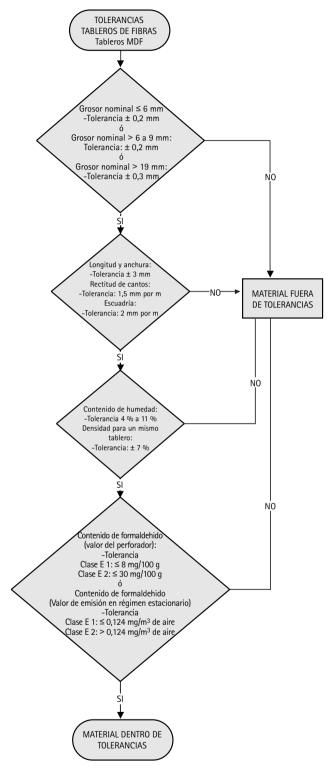
La densidad se determina con la metodología indicada en la norma UNE EN 323

El contenido de humedad se establece según el método de la norma UNE EN 322

La rectitud de cantos y escuadría se determinan de acuerdo a la norma UNE EN 324-2

La densidad se determina con la metodología indicada en la norma UNE EN 323

El contenido de humedad se establece según el método de la norma UNE EN 322



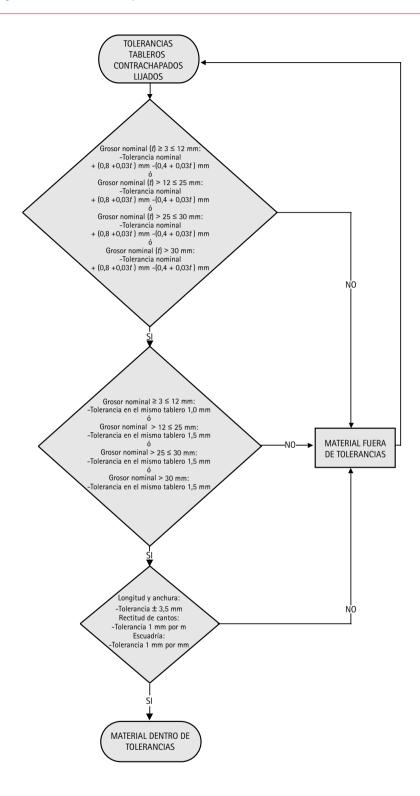
La rectitud de cantos y escuadría se determinan de acuerdo a la norma UNE EN 324-2

La densidad se determina con la metodología indicada en la norma UNE EN 323

El contenido de humedad se establece según el método de la norma UNE EN 322

Los valores del perforador se determinan de acuerdo con la norma UNE EN 120 y están referidas a un contenido de humedad del material del 6,5 %. En el caso de tableros obtenidos por proceso seco con contenidos de humedad diferentes, los valores referidos deben multiplicarse por los factores especificados en la norma UNE EN 622-1

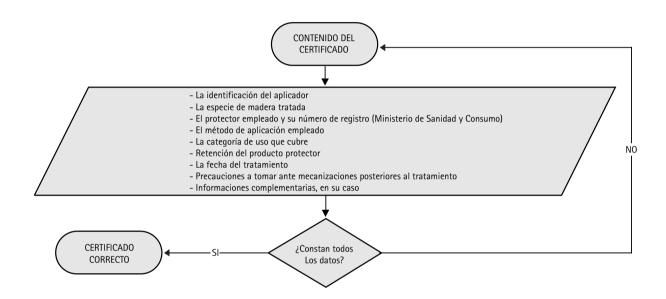
El contenido de formaldehído en valor de emisión en régimen estacionario se obtiene de acuerdo con la metodología de la norma ENV 717-1



Las dimensiones de espesor, longitud y anchura se determinan de acuerdo con la norma UNE EN 324-1. La rectitud de cantos y escuadría se determinan de acuerdo a la norma UNE EN 324-2 Las tolerancias especificadas están referidas a un contenido de humedad de  $10 \pm 2~\%$ 

En el caso de tableros que hayan sido sometidos a tratamientos previos de protección ante agentes bióticos o abióticos, deberá solicitarse el correspondiente certificado:

Diagrama 18. Control del certificado del tratamiento de protección de la madera



### ELEMENTOS ESTRUCTURALES REALIZADOS EN TALLER

Los controles a efectuar en los elementos estructurales realizados en taller, se indican a continuación:

Diagrama 19. Control de la documentación del suministro DOCUMENTACIÓN Nombre y dirección de la empresa suministradora Nombre y dirección del taller
Fecha de suministro - Cantidad siministrada - Dimensiones nominales - Contenido de humedad ΝŌ - Tipo de elemento estructural - Declaración de la capacidad portante del elemento - Indicación de las condiciones de apoyo o propiedades de resistencia, rigidez y densidad de los materiales que lo conforman - Especie botánica ¿Constan todos Los datos? Certificado de origen y distintivo de calidad, en su caso RECEPCIÓN DOCUMENTAL CORRECTA

Diagrama 20. Control del material suministrado

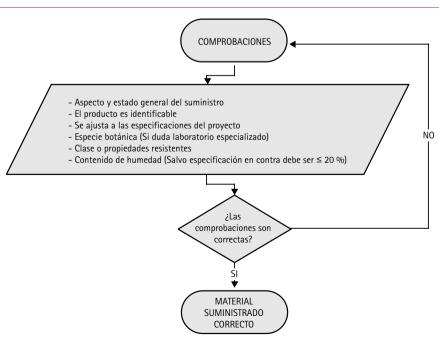
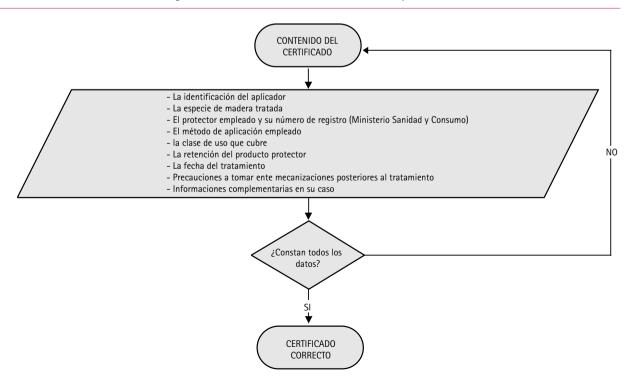


Diagrama 22. Control del certificado del tratamiento de protección de la madera



### ELEMENTOS MECÁNICOS DE FIJACIÓN

Los elementos mecánicos de fijación se controlaran de acuerdo con los criterios siguientes:

Diagrama 23. Control documental del suministro

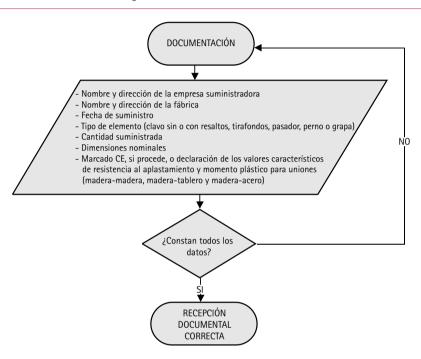
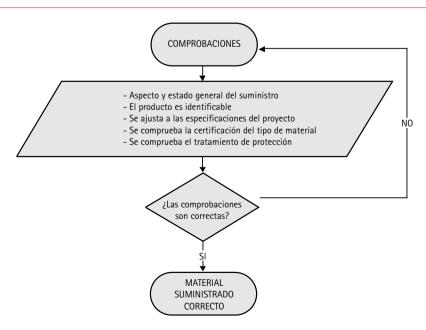


Diagrama 24. Control del material suministrado



ELEMENTOS DE FIJACIÓN	CLASE DE SERVICIO		
	1	2	3
Clavos y tirafondos con d ≤ 4 mm	Ninguna	Fe/Zn 12 c <sub>(1)</sub>	Fe/Zn 25 c <sub>(2)</sub>
Pernos, pasadores y clavos con d > 4 mm	Ninguna	Ninguna	Fe/Zn 25 c <sub>(2)</sub>
Grapas	Fe/Zn 12 c <sub>(1)</sub>	Fe/Zn 12 c <sub>(1)</sub>	Acero inoxidable
Placas dentadas y chapas de acero con espesor de hasta 3 mm	Fe/Zn 12 c <sub>(1)</sub>	Fe/Zn 12 c <sub>(1)</sub>	Acero inoxidable
Chapas de acero con espesor por encima de 3 hasta 5 mm	Ninguna	Fe/Zn 12 c <sub>(1)</sub>	Fe/Zn 25 c <sub>(2)</sub>
Chapas de acero con espesor superior a 5 mm	Ninguna	Ninguna	Fe/Zn 25 c <sub>(2)</sub>

<sup>(1)</sup> Si se emplea galvanizado en caliente la protección Fe/Zn 12c debe sustituirse por Z 275, y la protección n Fe/Zn 25c debe sustituirse por Z 350.

En condiciones expuestas especialmente a la corrosión debe considerarse la utilización de Fe/Zn 40c, un galvanizado en caliente más grueso o acero inoxidable.

### **EJECUCIÓN**

### CONTROL DE EJECUCIÓN DE LA OBRA

Durante la construcción, el director de la ejecución de la obra controlará la ejecución de cada unidad de obra verificando su replanteo, los materiales que se utilicen, la correcta ejecución y disposición de los elementos constructivos, así como las verificaciones y demás controles a realizar para comprobar su conformidad con lo indicado en el proyecto, la legislación aplicable, las normas de la buena práctica constructiva y las instrucciones de la dirección facultativa.

Se comprobará que se han adoptado las medidas necesarias para asegurar la compatibilidad entre los diferentes productos, elementos y sistemas constructivos.

Se adoptarán los métodos y procedimientos que se contemplen en los Documentos de Evaluación técnicas de idoneidad para el uso previsto de productos y sistemas innovadores

### **AI MACENAMIENTO**

El almacenamiento de las piezas o elementos en obra debe tratarse con precaución, ya que de lo contrario un elemento correctamente fabricado puede verse alterado, menguado de prestaciones e incluso llegar a resultar inaceptable si no se toman las debidas precauciones, como:

- Proceder a la descarga del material de forma cuidadosa elevándolo en el sentido de colocación.
- Evitar el contacto con el suelo.
- Almacenar sobre una superficie plana siguiendo las instrucciones del fabricante
- Proteger el material de la intemperie; los elementos no deben exponerse innecesariamente a condiciones climáticas más severas que las que tendrán cuando esté terminada la estructura.
- Proteger al elemento del agua o humedades elevadas.

### CONTROL DEL MONTAJE

Durante las operaciones de montaje de la estructura pueden producirse solicitaciones a los elementos superiores a los de servicio, o en direcciones para los que la pieza puede no estar dimensionada, por ello es básico operar metodológicamente, teniendo en cuenta los aspectos siguientes:

- Evitar sobretensiones en las piezas, ya sea en operaciones de elevación como de apoyo circunstancial.
- Efectuar un apuntalamiento provisional que permita mantener los elementos convenientemente aplomados y correctamente espaciados, a fin de evitar daños o derrumbes ocasionados por cargas laterales; empujes ocasionales, acciones por viento, etc.
- Las piezas torcidas, con hendiduras o con defectos de fijación en las uniones, deberían sustituirse.

### Documento de aplicación

### CONTROL DE EJECUCIÓN DE LAS UNIONES

Las uniones son los puntos que presentan mayor grado de riesgo en una estructura de madera tanto desde el punto de vista de la durabilidad como de la funcionalidad del elemento. Es por ello que se hace necesario prestar una especial atención en el control de su ejecución.

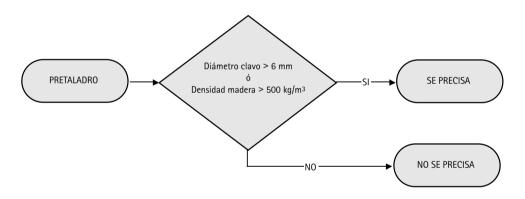
### Uniones clavadas

Para el control de las uniones clavadas se debe tener en cuenta, en primera instancia, dos extremos:

- La densidad característica de la madera
- El diámetro del clavo que se utilice.

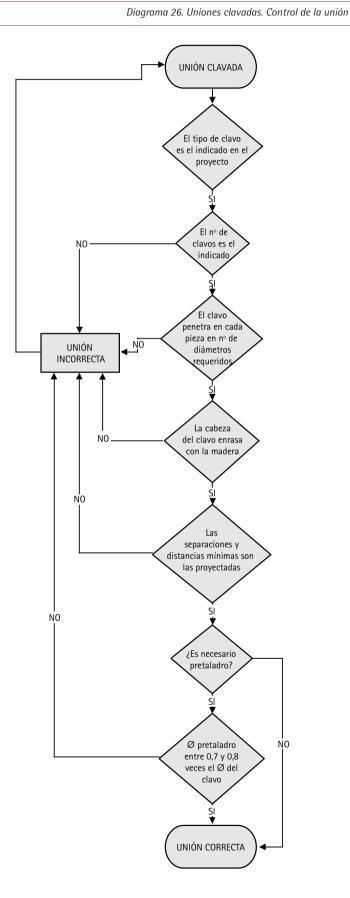
Si la densidad característica de la madera es  $\geq$  a 500 kg/m3 o si el diámetro del clavo es > a 6 mm, será necesario realizar un pretaladro en el punto previsto para disponer el clavo.

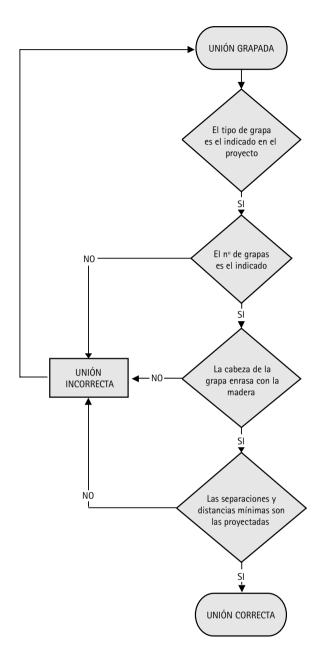
Diagrama 25. Uniones clavadas. Necesidad de pretaladro



El proyecto debe incluir planos de detalles y documentación suficiente que permita la comprobación en fase de ejecución de:

- Tipo de clavo
- Nº de clavos por unión
- Disposición de los mismos
- Profundidad de penetración
- Distancias de los clavos a los bordes de la pieza y separación entre ellos.





### Uniones grapadas

Las uniones se pueden resolver con distintos tipos de grapas que en función de la geometría de patas pueden ser:

- De sección circular
- De sección redondeada
- De sección rectangular

Todas ellas con puntas biseladas o apuntadas

El proyecto debe incluir planos de detalles y documentación suficiente que permita la comprobación en fase de ejecución de:

- Tipo de grapa
- Nº de grapas por unión
- Disposición de las mismas
- Distancias de las grapas a los bordes de la pieza y separación entre ellas.

### Uniones con pernos

Los pernos se utilizan para dar solución a uniones, simples o dobles entre:

- Madera madera
- Tablero madera
- Acero madera

El proyecto debe incluir planos de detalles y documentación suficiente que permita la comprobación en fase de ejecución de:

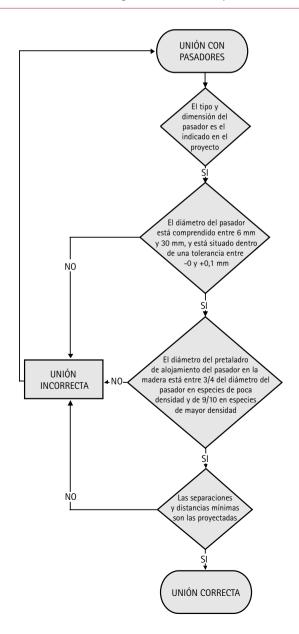
- Tipo y diámetro de los pernos
- Nº de pernos por unión
- Disposición de los mismos
- Distancias de los pernos a los bordes de la pieza y separación entre ellos.

### Uniones con pasadores

El proyecto deben incluir planos de detalles y documentación suficiente que permita la comprobación en fase de ejecución de:

- Tipo y diámetro de los pasadores
- Nº de pasadores por unión
- Disposición de los mismos
- Distancias de los pasadores a los bordes de la pieza y separación entre ellos.

Diagrama 29. Uniones con pasadores. Control de la unión



### Uniones con tirafondos

Para el control de las uniones clavadas se debe tener en cuenta, en primera estancia, dos extremos:

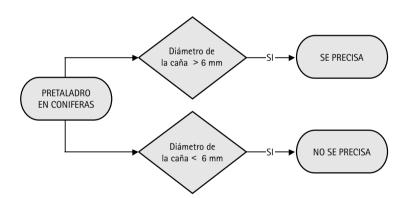
- La densidad de la madera
- El diámetro de la caña (zona no roscada) del tirafondo que se utilice.

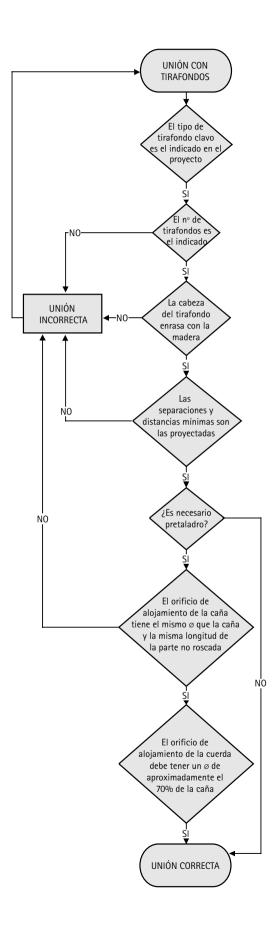
Si la densidad de la madera es ≥ a 500 kg/m3 (normalmente frondosas), el diámetro del pretaladro debe determinarse mediante ensayos.

El proyecto debe incluir planos de detalles y documentación suficiente que permita la comprobación en fase de ejecución de:

- Tipo de tirafondo
- Nº de tirafondos por unión
- Disposición de los mismos
- Profundidad de penetración
- Distancias de los tirafondos a los bordes de la pieza y separación entre ellos.

Diagrama 30. Uniones con tirafondos. Necesidad de pretaladro





### Uniones con conectores

Existen cuatro grupos de conectores:

- Grupo A: Conectores tipo anillo
- Grupo B: Conectores tipo placa
- Grupo C: Conectores de placa dentada
- Grupo D: Otros conectores

Cuadro 1. Conectores Grupo A tipo anillo (Anillos) (UNE-EN 912)

A1	Es un anillo cerrado con una sección lenticular. Son de aleación de aluminio EN AC-AlSi9Cu3(Fe) según EN1706	
A2	Es un conector de caras paralelas, cortado en un punto de su circunferencia formando una unión machihembrada. Son de chapa de acero laminado en caliente o aleaciones de acero templado HRMS Fe430A según EN 10025	
A3	Es un conector de caras doblemente biseladas cortado en un punto de su circunferencia formando una unión machihembrada. Son de chapa de acero laminado en caliente o de aleación de acero templado de la clase Fe430A HRMS, según EN10025	
A4	Es un conector de caras doblemente biseladas. En todos los conectores salvo el de menor medida, se practica un corte en forma de V en un punto de su circunferencia. El ángulo entre la dirección del corte y la circunferencia es de 45°.  Son de fundición gris EN-GJL-150 o EN-GJL-200 (material número EN-JL 1020 o EN-JL 1030) según EN 1561.	

A5	Es un conector de sección rectangular. Esta cortado en un punto de su circunferencia de forma que los extremos queden en forma de V. Son de chapa de acero laminado en caliente de aleaciones de acero S 235 JR GI (material número 1.0036) según EN 10025.	
A6	Es un conector de forma trapezoidal simple o doble. En cada conector, se practica un corte en V en un punto de su circunferencia. El ángulo entre la dirección del corte y la de la circunferencia es de 60°.  Son de fundición FGL 250 según EN 1561.	

Cuadro 2. Conectores Grupo B tipo placa (Anillos de una cara) (UNE-EN 912)

B1	Es un conector integrado por una placa circular embridada con un buje cilíndrico solidario concéntrico, y con un orificio para perno en el centro de la placa.  La brida y el buje están en caras opuestas de la placa. Cada conector tiene dos orificios para clavo en la placa, a ambos lados del orificio del perno.  Son de aleación de aluminio EN AC-AISi9Cu3(Fe), según EN 1706	
B2	Está integrado por una placa circular embridada con un orificio para perno en el centro. Pueden taladrarse dos orificios para clavos equidistantes del centro y el borde de la placa y a ambos lados del orificio del perno. Los anillos son de acero laminado en caliente según EN 10025.	Barra vard

В3	Está constituido por una placa circular perforada y embridada con un buje cilíndrico solidario y concéntrico y con un orificio para perno taladrado en su centro. La brida y el buje se sitúan en la misma cara de la placa formando ángulos rectos con ésta. La placa puede tener dos orificios para clavo equidistantes entre la circunferencia del orificio para perno y la circunferencia de la placa, y a ambos lados del orificio par perno.  Son de fundición maleable según EN 1562.	
B4	Está constituido por una placa circular embridada con un orificio en el centro. Son de fundición gris EN-GJL-150 o EN-GJL-200 (material número EN-JL 1020 o EN-JL 1030) según EN 1561.	

Cuadro 3. Conectores Grupo C de placa dentada (UNE-EN 912)

C1	Es un conector de doble cara constituido por una placa circular cuyos bordes han sido cortados y plegados formando dientes triangulares proyectándose alternativamente a ambos lados de la placa y formando ángulos de 90° con esta. Los dientes se deben espaciar regularmente alrededor del perímetro de la placa y en los conectores de diámetro dc ≥ 95 mm también alrededor del perímetro del orificio central. La placa lleva dos orificios para clavos equidistantes entre la circunferencia del orificio para perno y la circunferencia de la placa, y a ambos lados del orificio para perno.	
	Están constituidos por bandas de acero de bajo en carbono conformado en frío y no revestidas. Los materiales deben ser conformes con los aceros del tipo DC01+C390 (material número 1.0330) según EN 10139. Además la elasticidad mínima del material debe ser del 10 % o bien se utilizan chapas laminadas en frío de acero de alta elasticidad conformado en frío H320M según EN 10268.	

C2	Es un conector de una cara constituido por una placa circular cuyos bordes han sido cortados y plegados formando dientes triangulares proyectándose a un lado de la placa y formando ángulos de 90° con esta. Los dientes deben espaciarse regularmente alrededor del perímetro de la placa y en los conectores de diámetro de ≥ 95 mm también entre el perímetro de la placa y el orificio para perno del centro de la placa. El perímetro del orificio del perno lleva una brida embutida en el mismo lado que el dentado. La placa lleva dos orificios para clavo equidistantes entre la circunferencia del orificio para perno y la circunferencia de la placa, y a ambos lados del orificio del perno.  Están constituidos por bandas de acero bajo en carbono conformado en frio y no revestidas. Los materiales deben ser conformes con los aceros del tipo DC01+C390 (material número 1.0330) según EN 10139. Además la elasticidad mínima debe ser del 10 % o bien se utilizan chapas laminadas en frío de acero de alto límite elástico para conformado en frío H320M según EN 10268.	
C3	Es un conector de doble cara constituido por una placa ovalada cuyos bordes han sido cortados y plegados formando dientes triangulares proyectándose alternativamente a ambos lados de la placa y formando ángulos de 90° con esta. El número de dientes debe ser 28. La altura de los seis dientes dispuestos en el centro de cada uno de los lados mayores de la placa debe ser menor que la del resto del dentado. Cada placa lleva tres orificios, uno más grande en el centro y dos más pequeños entre el centro y el borde de la placa, a cada lado del orificio central y sobre su eje mayor.  Están constituidos por bandas de acero bajo en carbono conformado en frío y no revestidas. Los materiales deben ser conformes con los aceros del tipo DC01+C390 (material número 1.0330) según EN 10139. Además la elasticidad mínima del material debe ser del 10 % o bien se utilizan chapas laminadas en frío de acero de alta elasticidad para conformados en frío H320M según EN 10268.	<del>*************************************</del>
C4	Es un conector de una cara constituido por una placa ovalada cuyos bordes han sido cortados y plegados formando dientes triangulares proyectándose a un lado de la placa y formando ángulos de 90° con esta. El número de dientes debe ser de 14. La altura de los tres dientes dispuestos en el centro de cada uno de los lados mayores de la placa debe ser menor que la del resto del dentado. Cada placa lleva tres orificios, uno más grande en el centro y dos más pequeños entre el centro y el borde de la placa, a cada lado del orificio central y sobre su eje mayor. Alrededor del orificio central se encuentra una brida embutida al mismo lado del dentado.  Están constituidas por bandas de acero bajo en carbono conformado en frío y no revestidas. Los materiales deben ser conformes con los aceros tipo DC01+C390 (material número 1.0330) según EN 10139. Además la elasticidad mínima del material debe ser del 10 % o bien se utilizan chapas laminadas en frío de acero de alto límite elástico para conformado en frío H320M según EN 10268.	1000 1111

<b>C</b> 5	Es un conector de doble cara constituido por una placa cuadrada cuyos bordes han sido cortados y plegados para formar dientes triangulare proyectándose alternativamente a ambos lados de la placa y formando ángulos de 90° con esta.  Los dientes deben espaciarse regularmente a lo largo del perímetro y alrededor del orificio cuadrado del centro de la placa. La placa debe tener un orificio para clavo en cada esquina.  Están constituidas por bandas de acero bajo en carbono conformado en frío y no revestidas. Los materiales deben ser conformes con los aceros tipo DC01+C390 (material número 1.0330) según EN 10139. Además la elasticidad mínima del material debe ser del 10 % o bien se utilizan chapas laminadas en frío de acero de alto límite elástico para conformado en frío H320M según EN 10268.	
C6	Es un conector de doble cara constituido por una placa circular con un orificio para perno en el centro. Puede llevar orificios para clavos equidistantes entre el centro de la placa y el borde exterior y a cada lado del orificio del perno.  Los bordes de la placa han sido cortados y plegados para formar 24 dientes triangulares espaciados regularmente alrededor del perímetro y proyectándose alternativamente a ambos lados de la placa formando ángulos de 90º con esta.  Son de acero bajo en carbono galvanizado en caliente y continuo y conformado en frío, de aleación FePO2 G Z275 según EN 10142 y EN 10147.	
<b>C</b> 7	Es un conector de una cara constituido por una placa circular con un orificio para perno en el centro. Puede llevar dos orificios para clavos equidistantes entre el centro de la placa y el borde exterior y a cada lado del orificio para perno.  Los bordes de la placa están cortados y plegados para formar 12 dientes triangulares espaciados regularmente alrededor del perímetro y proyectándose a un lado de la placa formando ángulos de 90° con esta. El orificio del perno está rodeado de una brida embutida en el mismo lado del dentado.  Son de acero bajo en carbono galvanizado en caliente y continuo y conformado en frío, de aleación FePO2 G Z275 según EN 10142 y EN 10147.	
C8	Es un conector de doble cara constituido por una placa cuadrada con un orificio para perno en el centro. A cada lado del orificio para perno puede llevar dos orificios para clavo. Los bordes de la placa se cortan y pliegan para formar 32dientes triangulares, espaciándose de forma regular 8 dientes en cada lado proyectándose alternativamente a ambos lados de la placa formando ángulos de 90° con esta. La base de cada diente forma un ángulo de 60° respecto al borde de la placa o es paralela a este.  Son de acero bajo en carbono galvanizado en caliente y continuo y conformado en frío, de aleación FePO2 G Z275 según EN 10142 y EN 10147.	

C9	Es un conector de una cara constituido por una placa cuadrada con un orificio para perno en el centro. A cada lado del orificio para perno puede llevar dos orificios para clavo. Los bordes de la placa se cortan y pliegan para formar 16 dientes triangulares, espaciándose de forma regular 4 dientes en cada lado proyectándose a un lado de la placa formando ángulos de 90° con esta. La base de cada diente forma un ángulo de 60° respecto al borde de la placa o es paralela a este. El orificio para perno está rodeado de una brida embutida en el mismo lado del dentado.  Son de acero bajo en carbono galvanizado en caliente y continuo y conformado en frío, de aleación FePO2 G Z275 según EN 10142 y EN 10147.	
C10	Es un conector de doble cara constituido por una placa en forma de anillo incluyendo clavos a ambos lados. Los clavos son equidistantes y se disponen en uno o dos círculos a cada lado de la placa en anillo. En el caso de que sea de dos círculos, la mitad de los clavos se dispone en el círculo interior y la otra mitad en el exterior, estando los clavos interiores situados alternamente respecto a los exteriores. Los clavos de las dos caras pueden alternarse o no unos respecto a los otro. Los clavos son de forma cónica con la punta redondeada. La parte interior del cono puede ser ligeramente aplanada por debajo de la zona redondeada de la punta, pero en ningún caso más de 1 mm en la base del cono.  Son de fundición maleable EN-GJMB-350-10 (número de material EN-JM 1130) según EN 1562.	
C11	Es un conector de una cara constituido por una placa circular con clavos a un lado de la placa. Los clavos son equidistantes y se disponen en uno a dos círculos.  En el caso de quesea de dos círculos, la mitad de los clavos se dispone en el círculo interior y la otra mitad en el exterior, estando los clavos interiores situados alternamente respecto a los exteriores. Los clavos son de forma cónica con la punta redondeada- La parte interior del cono puede ser ligeramente aplanada por debajo de la zona redondeada de la punta, pero en ningún caso más de 1 mm en la base del cono. El conector tiene un orificio en el centro, rodeado de una brida embutida en el mismo lado que los clavos.  Son de fundición maleable EN-GJMB-350-10 (número de material EN-JM 1130) según EN 1562.	

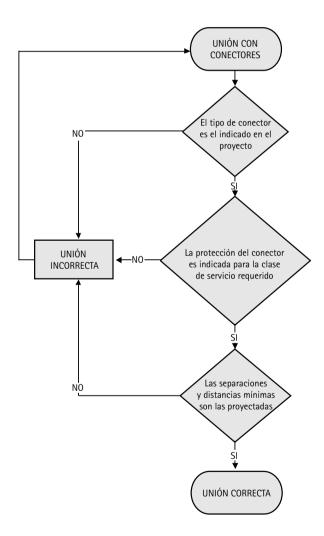
Cuadro 4. Conectores Grupo D. Otros conectores (UNE-EN 912)

D1	Es un conector de doble cara constituido por una placa circular de madera con borde biselado, de forma que el diámetro aumenta hacia adentro. La placa lleva un orificio para perno en el centro.	
	Son de madera de roble claro (Quercus spp) de una densidad característica mínima de 600 kg/m3 y con una humedad menor o igual al18 % durante la fabricación. La dirección de la fibra debe ser perpendicular al eje del perno.	

El proyecto debe incluir planos de detalles y documentación suficiente que permita la comprobación en fase de ejecución de:

- Tipo de conector
- Nº de conectores por unión
- Disposición de los mismos
- Distancias de los tirafondos a los bordes de la pieza y separación entre ellos.

Diagrama 32. Uniones con conectores. Control de la unión



### COMPROBACIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS

Resulta imprescindible la comprobación de los siguientes diez puntos críticos, para poder asegurar la funcionalidad y durabilidad de la estructura de madera:

- Se ha procurado que, en el momento de su colocación, la madera hubiera alcanzado la humedad más próxima posible a la de la obra acabada.
- Se han tratado los puntos o zonas que han sido perforadas o cortadas en obra con el producto adecuado para mantener la funcionalidad del tratamiento preventivo, en su caso.
- Se ha evitado el contacto directo de la madera con el terreno, manteniendo una distancia mínima de 20 cm habiendo dispuesto barrera antihumedad.
- Ningún arranque de soporte o arco queda embebido en hormigón u otro material de fábrica.
- Los encuentros de vigas en muros se encuentran ventilados con una separación mínima de 15 mm entre la madera y el material del muro, y además, la base de apoyo dispone de una material intermedio que impide la transmisión de la humedad.
- Se ha evitado la posibilidad de acumulación de agua en las uniones.
- Se han protegido las caras superiores de los elementos de madera expuestos directamente a la intemperie. Si se ha colocado una albardilla metálica, ésta se ha dispuesto de forma que permite la aireación de la madera que cubre.
- Se han protegido las testas de los elementos estructurales de madera de la acción directa del agua de lluvia, ocultándolas con remates protectores.
- La cubierta evacua rápidamente el agua de lluvia y se han dispuesto sistemas de desagüe de condensaciones en los lugares oportunos.
- Los elementos de unión no coaccionan los posibles cambios dimensionales de la madera.

### TOLERANCIAS DE LA OBRA ACABADA

Las tolerancias sobre la fabricación de elementos estructurales pueden establecerse en el proyecto, de forma específica, en función de las condiciones de fabricación y montaje. De no especificarse, el fabricante o suministrador deberá cumplir lo indicado en los diagramas de flujo referidos a tolerancias expuestos anteriormente para cada tipo de material, además de:

### Para elementos estructurales:

- Las tolerancias o desviaciones admisibles respecto a las dimensiones nominales de la ma-dera aserrada, se ajustarán a los límites de tolerancia de la clase 1.
- La combadura de columnas y vigas medida en el punto medio del vano, en aquellos casos en que puedan presentarse problemas de inestabilidad lateral, o en barras de pórticos, debe limitarse a 1/500 de la longitud del vano en piezas de madera laminada y microlaminada o a 1/300 en piezas de madera maciza.

### Para celosías con uniones de placas dentadas:

- Será admisible una combadura máxima de 10 mm en cualquier pieza de la cercha siempre que quede afianzada de manera segura en la cubierta terminada de forma que se evite el momento provocado por dicha tensión.
- La desviación máxima de una cercha respecto a la vertical no deberá exceder el valor de la expresión 10 +5 (H-1) mm, con un valor máximo de 25 mm; donde H es la altura (diferencia de cota entre apoyos y punto más alto), expresada en metros.

### **MANTENIMIENTO**

Las operaciones de mantenimiento son de vital importancia para garantizar el correcto funcionamiento de la estructura a lo largo de su vida útil.

Estas operaciones deben responder a las directrices marcadas en la documentación que se librará al propietario y/o usuarios del edificio en el momento de su entrega, integrada en el Libro del Edificio.

### El libro del edificio

En el Libro del Edificio se incluirá la documentación de los controles de recepción de los productos y sistemas suministrados a la obra y su aceptación.

Contendrá, asimismo, las instrucciones de uso y mantenimiento del edificio terminado, incluyendo un plan de mantenimiento del edificio con la planificación de las operaciones programadas para el mantenimiento del edificio y sus instalaciones, que estará de acuerdo con las instrucciones de los suministradores de los productos, equipos y materiales empleados.

### Uso y conservación

El edificio y sus instalaciones se utilizarán adecuadamente de conformidad con las instrucciones de uso, absteniéndose de hacer un uso incompatible con el previsto. Los propietarios y los usuarios pondrán en conocimiento de los responsables del mantenimiento cualquier anomalía que se observe en el funcionamiento normal del edificio.

El edificio debe conservarse en buen estado mediante un adecuado mantenimiento. Esto supondrá la realización de las siguientes acciones:

- Llevar a cabo el plan de mantenimiento del edificio, encargando a técnico competente las operaciones programadas para el mantenimiento del mismo y de sus instalaciones.
- Realizar las inspecciones reglamentariamente establecidas y conservar su correspondiente documentación.
- Documentar a lo largo de la vida útil del edificio todas las intervenciones, ya sean de reparación, reforma o rehabilitación realizadas sobre el mismo, consignándolas en el Libro del Edificio.

Si se detectasen deterioros importantes (grietas, deformaciones, fallos uniones, etc.), ataques de termitas o insectos (muchas veces detectables al exterior por la aparición de orificios superficiales en la madera, la presencia de serrín en el suelo o de galerías terrosas en las paredes) se avisará a un técnico competente para que audite el problema y proponga las soluciones de mantenimiento más adecuadas.

En el caso de que para rebajar la clase de uso en la que trabajan los productos de madera se hubieran adoptado en el proyecto soluciones de protección por diseño (tipo barrera, instalación de deshumectadores y ventiladores, colocación de piezas de sacrificio, juntas y rejillas de ventilación, etc.), el proyecto deberá establecer un programa de mantenimiento de los puntos críticos, programa que deberá ser seguido por los responsables de mantenimiento.

En el caso de emplear productos de acabado o protección superficial que formen una película, como las pinturas y los barnices, deberá establecerse y seguirse un programa de mantenimiento posterior. Para el mantenimiento de los productos de tratamiento superficial tipo lasur, seguirán las recomendaciones establecidas en el proyecto o, en su defecto, las recomendaciones del fabricante del producto aplicado. En ausencia de otros datos se renovarán cada 3 años en madera colocada al exterior o cada 6 en madera colocada al interior.

Los revestimientos ignífugos superficiales deberán ser reparados tan pronto como se observen daños que hagan peligrar su integridad.

Para más detalles sobre la mejor forma de proteger y mantener las estructuras y productos estructurales de madera se recomienda consultar el capítulo de Durabilidad de esta Guía.

### **PATROCINADORES**











Junta de Castilla y León - Mesa Intersectorial de la Madera

Gobierno Vasco - Mesa Intersectorial de la Madera





Xunta de Galicia - CIS Madeira



Generalitat Valenciana - FEVAMA



CONFEMADERA - Confederación Española de Empresarios de la Madera



ANFTA - Asociación Nacional de Fabricantes de Tableros



AFCCM - Asociación de Fabricantes y Constructores de Casas de Madera



Construmat - Salón Internacional de la Construcción



Feria de Valencia - Maderalia



Vivir con Madera

### Colaboradores

BRAURON S.A. Molduras

CETEBAL. Centre Tecnològic Balear de la Fusta

NUTECMA S.L.

IPEMA. Innovaciones, Proyectos y Estructuras en Madera

**PROHOLZ** 

ELABORADOS Y FABRICADOS GÁMIZ, S.A.

HOLTZA Grupo. Construcción en Madera

ANEPROMA. Asociación Nacional de Empresas de Protección de la Madera

INCAFUST. Institut Català de la Fusta

AITIM. Asociación de Investigación Técnica de Industrias de la Madera

ZURTEK. Ingeniería, fabricación y construcción en madera

PROTEVI, SL. Construcciones en madera

GARCIA VARONA. Fabricación de tarimas y madera estructural

THERMOCHIP, División Prefabricados Cupa Group

FINNFOREST IBÉRICA, S.L.

ROTHOBLAAS. Sistemas de fijación para estructuras y construcción en madera

BIOHAUS GOIERRI S.L. Hacia una construcción sostenible

WOODARQ. Art in Wood Constrution

CEMER. Consorcio Escuela de la Madera de la Consejería de Empleo de la Junta de Andalucía

AYUNTAMIENTO DE CUENCA MADERAS, S.A. Pino Laricio estructural

MADERAS EL ESPINAR, S.A. Madera estructural de Pino Silvestre

MADERAS POLANCO, S.A.

RADISA, S.A. Ingeniería y productos técnicos de madera para la construcción

MADERAS MENUR S.L. Proyectos en Madera

HUNDEGGER IBÉRICA S.L. Maquinaria C.N.C. para estructuras y construcción en madera

### Con la financiación del





