

FIABLE

Fiabilidad confirmada por más de 30 años de uso en las construcciones de madera.

EFICIENTE

Adhesivo epóxico bicomponente de alto rendimiento. La resistencia de las uniones depende exclusivamente de la madera gracias a la reserva de resistencia del adhesivo.

VERSÁTIL

En cartucho, su uso es práctico y rápido; en formatos de 3 y 5 litros es ideal para uniones de mayor volumen.



CARACTERÍSTICAS

PECULIARIDAD	encolados estructurales
TIPOS	uniones con barras, placas perforadas o placas enarenadas
GAMA	5 productos para satisfacer cualquier exigencia de colocación
APLICACIÓN	aplicable con pulverizado, pincel, espátula o por percolación, según la viscosidad

VÍDEO

Escanea el código QR y mira el video en nuestro canal de YouTube



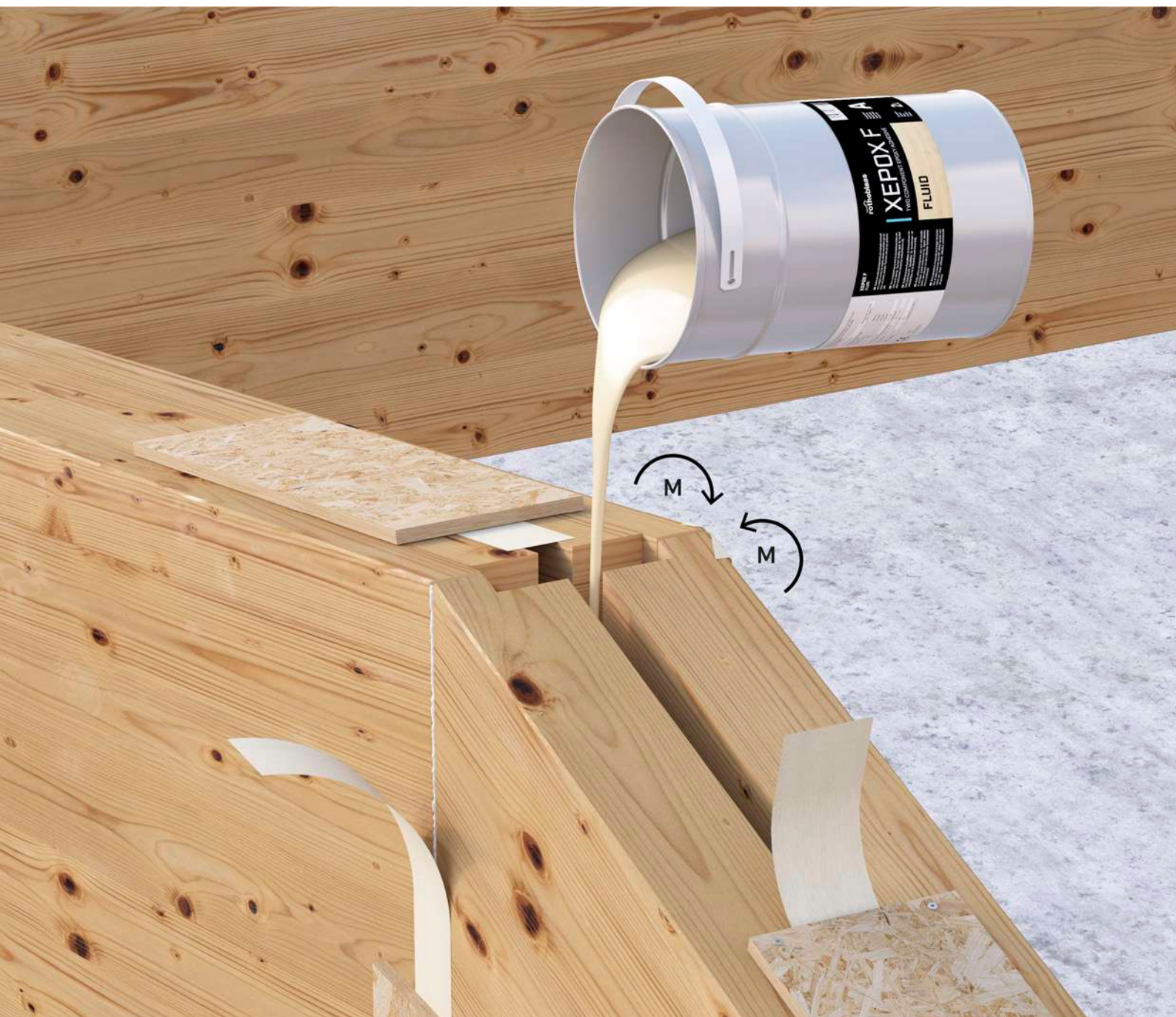
MATERIAL

Adhesivo epóxico bicomponente.

CAMPOS DE APLICACIÓN

Uniones de corte, acción axial y momento realizables en

- madera maciza y laminada
- CLT
- hormigón



ESTRUCTURAL

Excelente para la realización de uniones rígidas pluridireccionales.

CONSOLIDACIÓN ESTÁTICA

Se puede utilizar para reconstruir la materia leñosa en combinación con barras de metal y otros materiales.

CÓDIGOS Y DIMENSIONES

TAMBORES

CÓDIGO	descripción	contenido [ml]	unid.
XEPOXP3000	P - primer	A + B = 3000	1
XEPOXL3000	L - líquido	A + B = 3000	1
XEPOXL5000		A + B = 5000	1
XEPOXF3000	F - fluido	A + B = 3000	1
XEPOXF5000		A + B = 5000	1
XEPOXG3000	G - gel	A + B = 3000	1

CARTUCHOS

CÓDIGO	descripción	contenido [ml]	unid.
XEPOXF400	F - fluido	400	1
XEPOXD400	D - denso	400	1

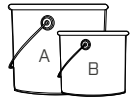
PRODUCTOS ADICIONALES - ACCESORIOS

CÓDIGO	descripción	unid.
MAMDB	pistola para cartuchos doble	1
STINGXP	boquilla mezcladora	1

APLICACIÓN

XEPOX P - primer

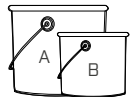
Adhesivo epóxico bicomponente de baja viscosidad y elevado poder mojante para refuerzos estructurales con cintas/tejidos de carbono o vidrio. Útil para la producción de chapas enarenadas SA2,5/SA3 (ISO 8501) y para la construcción de inserciones FRP (Fiber Reinforced Polymers). Aplicable con rodillo, pulverizado o pincel. Se conserva 36 meses en los embalajes originales cerrados, a una temperatura comprendida entre +5 °C y +30 °C.



Clasificación del componente A: Eye Irrit. 2; Skin Irrit. 2; Skin Sens. 1; Aquatic Chronic 2. Clasificación del componente B: Acute Tox. 4; Skin Corr. 1B; Eye Dam. 1; Skin Sens. 1; Aquatic Chronic 3.

XEPOX L - líquido

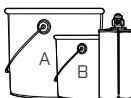
Adhesivo epóxico bicomponente para usos estructurales, muy fluido, aplicable por coladura en agujeros verticales muy profundos y para grandes uniones con inserciones ocultas en fresados muy extendidos, o con espacios intermedios muy reducidos (1 mm o superiores), siempre previo atento sellado de las juntas. Colable e inyectable. Se conserva 36 meses en los embalajes originales cerrados, a una temperatura comprendida entre +5 °C y +30 °C.



Clasificación del componente A: Eye Irrit. 2; Skin Irrit. 2; Skin Sens. 1; Aquatic Chronic 2. Clasificación del componente B: Acute Tox. 4; STOT RE 2; Skin Corr. 1B; Eye Dam. 1; Skin Sens. 1; Aquatic Chronic 3.

XEPOX F- fluido

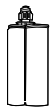
Adhesivo epóxico bicomponente fluido para usos estructurales, aplicable por inyecciones en agujeros y en fresados, previo sellado de las juntas. Aconsejado para la solidalización a la madera de los conectores plegados (sistema Turrini-Piazza) en forjados colaborantes de madera-hormigón, tanto con vigas nuevas como viejas; espacio entre el metal y la madera de unos 2 mm o superior. Percolación en los agujeros verticales en los fresados después de la introducción de insertos metálicos de placa o de barra. Colable e inyectable con cartucho. Se conserva 36 meses en los embalajes originales cerrados, a una temperatura comprendida entre +5 °C y 30 °C.



Clasificación del componente A: Eye Irrit. 2; Skin Irrit. 2; Skin Sens. 1; Aquatic Chronic 2. Clasificación del componente B: STOT RE 2; Skin Corr. 1A; Eye Dam. 1; Skin Sens. 1; Aquatic Chronic 3.

XEPOX D - denso

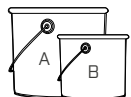
Adhesivo epóxico bicomponente tixotrópico (denso) para usos estructurales, aplicable por inyección sobre todo en agujeros horizontales o verticales en las vigas de madera laminada, madera maciza, en obra y en hormigón armado. Inyectable con cartucho. Se conserva 36 meses en los embalajes originales cerrados, a una temperatura comprendida entre +5 °C y +30 °C.



Clasificación del componente A: Eye Irrit. 2; Skin Irrit. 2; Skin Sens. 1; Aquatic Chronic 2. Clasificación del componente B: Repr. 1A; Acute Tox. 4; Skin Corr. 1B; Eye Dam. 1; Skin Sens. 1; Aquatic Chronic 3.

XEPOX G - gel

Adhesivo epóxico bicomponente gel para usos estructurales, aplicable con espátula también en superficies verticales y en la formación de espesores consistentes o irregulares. Idóneo para sobreposiciones leñosas muy extendidas y al encolado de refuerzos estructurales con el uso de tejidos de fibras de vidrio o carbono y para chapado de madera o metal. Aplicable con espátula. Se conserva 36 meses en los embalajes originales cerrados, a una temperatura comprendida entre +5 °C y +30 °C.



Clasificación del componente A: Eye Irrit. 2; Skin Irrit. 2; Skin Sens. 1; Aquatic Chronic 2. Clasificación del componente B: Acute Tox. 4; Skin Corr. 1A; Eye Dam. 1; STOT SE 3; Skin Sens. 1; Aquatic Chronic 3.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Propiedad	Normativa		XEPOX P	XEPOX L	XEPOX F	XEPOX D	XEPOX G
Peso específico	ASTM D 792-66		≈ 1,10	≈ 1,40	≈ 1,45	≈ 2,00	≈ 1,90
Relación estequiométrica en volumen (A/B) ⁽¹⁾	-		100 : 50 ⁽²⁾	100 : 50	100 : 50	100 : 50	100 : 50
Pot life 23 ± 2° 150 cc	ERL 13-70	[min]	-	50 ÷ 60	50 ÷ 60	50 ÷ 60	60 ÷ 70
Tiempo de maleabilidad de la mezcla	ERL 13-70	[min]	25 ÷ 30	25 ÷ 30	25 ÷ 30	25 ÷ 30	-
Temperatura de aplicación (humedad relativa máx. 90%)	-	[°C]	10 ÷ 35	10 ÷ 35	10 ÷ 35	5 ÷ 40	5 ÷ 40
Espesor sugerido	-	[mm]	0,1 ÷ 2	1 ÷ 2	2 ÷ 4	2 ÷ 6	1 ÷ 10
Tensión normal de adherencia σ	EN 12188	[N/mm ²]	21	27	25	19	23
Resistencia al corte inclinado σ_0 50°	EN 12188	[N/mm ²]	94	70	93	55	102
Resistencia al corte inclinado σ_0 60°	EN 12188	[N/mm ²]	106	88	101	80	109
Resistencia al corte inclinado σ_0 70°	EN 12188	[N/mm ²]	121	103	115	95	116
Resistencia al corte-adherencia τ	EN 12188	[N/mm ²]	39	27	36	27	37
Carga unitaria de rotura por compresión ⁽³⁾	EN 13412	[N/mm ²]	83	88	85	84	94
Módulo elástico medio en compresión	EN 13412	[N/mm ²]	3438	3098	3937	3824	5764
Coefficiente de dilatación térmica (en el rango -20°C / +40°C)	EN 177	[m/m·°C]	7,0 x 10 ⁻⁵	7,0 x 10 ⁻⁵	6,0 x 10 ⁻⁵	6,0 x 10 ⁻⁵	7,0 x 10 ⁻⁵
Carga unitaria de rotura por tracción ⁽⁴⁾	ASTM D638	[N/mm ²]	40	36	30	28	30
Módulo elástico medio en tracción ⁽⁴⁾	ASTM D638	[N/mm ²]	3300	4600	4600	6600	7900
Carga unitaria de rotura por flexión ⁽⁴⁾	ASTM D790	[N/mm ²]	86	64	38	46	46
Módulo elástico medio en flexión ⁽⁴⁾	ASTM D790	[N/mm ²]	2400	3700	2600	5400	5400
Carga unitaria de rotura por corte (punch tool) ⁽⁴⁾	ASTM D732	[N/mm ²]	28	28	28	19	25
Viscosidad	-	[mPa·s]	A = 1100 B = 250	A = 2300 B = 800	A = 14000 B = 11500	A = 300000 B = 300000	A = 450000 B = 13000

NOTAS:

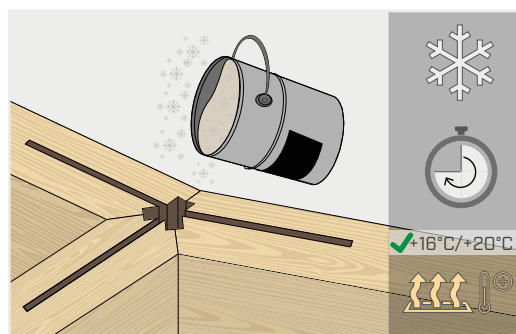
⁽¹⁾ Los componentes están envasados en cantidades predosificadas, listos para usar. La relación se indica en volumen (no en peso).

⁽²⁾ Se recomienda no utilizar más de un litro de producto mezclado a la vez. La relación entre componentes A:B en peso es aproximadamente 100:44,4.

⁽³⁾ Valor medio al término de los ciclos de carga/descarga.

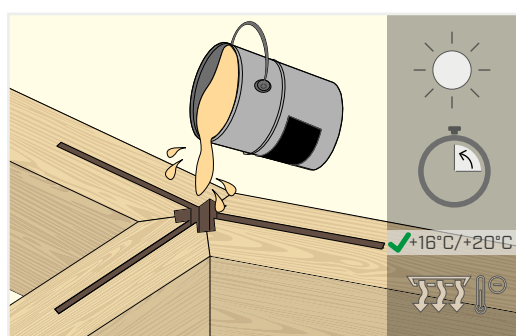
⁽⁴⁾ Valores de las pruebas de la campaña de investigación "Conexiones innovadoras para elementos estructurales de madera" - Politécnico de Milán.

■ TEMPERATURAS DE APLICACIÓN Y CONSERVACIÓN



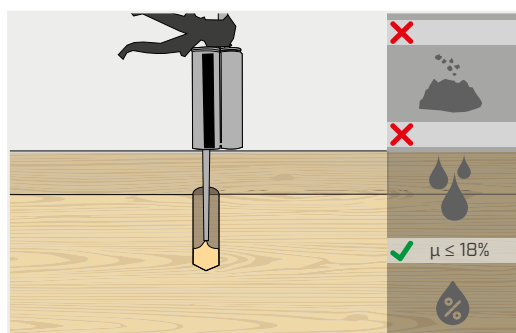
ALMACENAMIENTO DE ADHESIVOS

Los adhesivos epoxi deben almacenarse a temperatura moderada (alrededor de $+16^{\circ}\text{C}/+20^{\circ}\text{C}$), tanto en invierno como en verano, hasta el inmediato momento de su uso. No guardar los paquetes al frío, porque esto aumenta la viscosidad de los adhesivos y hace que sea difícil la percolación desde los tambores y la extrusión de los cartuchos. No dejar los envases expuestos al sol ya que los tiempos de polimerización del producto se reducirían.



APLICACIÓN DE ADHESIVOS

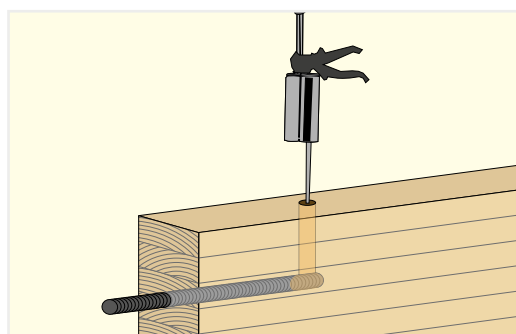
La temperatura ambiente de aplicación recomendada es $> +10^{\circ}\text{C}$. Si la temperatura ambiente es demasiado baja, habrá que calentar los envases al menos una hora antes de su uso o bien calentar los puntos de aplicación y los insertos metálicos antes de la percolación del producto. Si por el contrario las temperaturas fuesen demasiado altas, es preciso efectuar las percolaciones de adhesivo en un ambiente fresco, evitando las horas más calientes de la jornada.



AGUJEROS Y FRESADOS

Antes de la percolación o la inyección del adhesivo, los agujeros y las cavidades de la madera deben protegerse contra el agua de lluvia o la humedad atmosférica alta y limpiarse con aire comprimido. Si las partes sujetas a resinado fueran mojadas o muy húmedas, es obligatorio secarlas. El uso de adhesivos XEPOX está indicado para maderas correctamente secadas cuyo grado de humedad sea inferior a aproximadamente el 18 %.

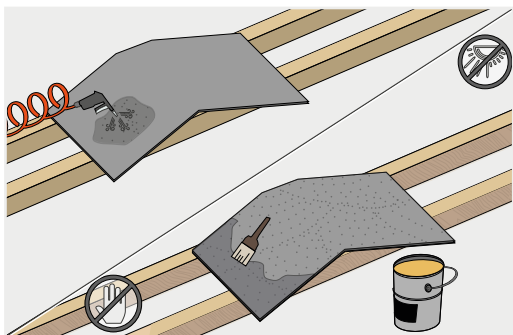
■ UNIONES CON BARRAS ENCOLADAS



RESINADO

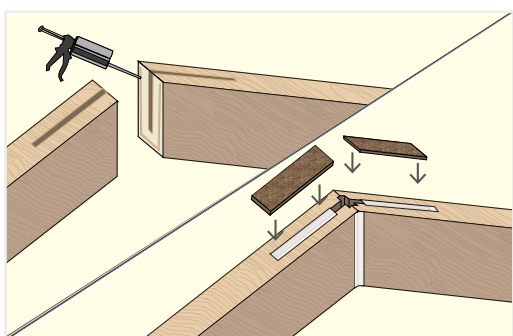
Dadas la poca cantidad de resina utilizada, las uniones con barras pueden realizarse con extrusión con cartuchos biaxiales. Para variar la cantidad de adhesivo a inyectar, cortar el extremo de la boquilla. Para el encolado de barras largas, se aconseja realizar agujeros de llenado en dirección ortogonal a la barra.

UNIONES A MOMENTO CON PLACAS



PREPARACIÓN DEL SOPORTE METÁLICO

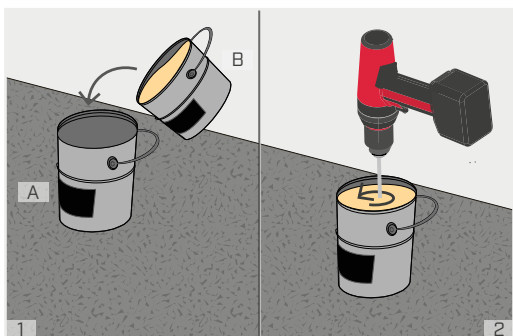
Los insertos metálicos de armazón de las juntas deben limpiarse y desengrasar. Las chapas lisas pueden perforarse o tratarse con un proceso de enarenado de grado SA2,5/SA3 y, luego, protegerse con una mano de XEPOX P para evitar que se oxiden. Sobre todo en los meses de calor, es necesario proteger las superficies metálicas de los rayos directos del sol.



PREPARACIÓN DEL SOPORTE DE MADERA

Cerca de aristas verticales, aplicar, aproximadamente a 2÷3 mm de estas, tiras continuas de cinta adhesiva de papel.

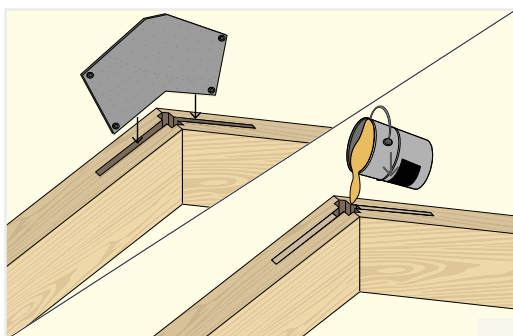
Posteriormente aplicar una tira continua de silicona acética y presionar para que adhiera también a las superficies protegidas por la cinta. Los fresados en el extradós de los elementos en pendiente deberán sellarse con rastreles o tablas de madera, dejando descubierta solo la parte terminal de los fresados en el punto más alto por el que se verterá el adhesivo.



PREPARACIÓN DEL PRODUCTO

Para utilizar el producto en bidones, verter el endurecedor (componente B) en el bidón que contiene la resina epóxica (componente A). Mezclar enérgicamente los dos componentes de diferente color. Se recomienda utilizar un mezclador adecuado con doble hélice montado en una electroherramienta (como alternativa, se puede utilizar una varilla metálica) hasta obtener una mezcla con un color homogéneo. A continuación, verter el compuesto obtenido.

Para su distribución en ranuras de longitud considerable, verter directamente el producto desde el bidón de mezcla, en caso de colado, o bien tomarlo y aplicarlo con una espátula.



RESINADO

Es conveniente dejar un cojinete de adhesivo "extra", realizado con un adecuado fresado en el extremo de los elementos estructurales de madera, como garantía adicional de la funcionalidad del sistema de contacto. Se recomienda un espesor de los intersticios entre insertos metálicos y madera de 2÷3 mm por lado. Con el fin de garantizar la correcta posición de los insertos dentro de las muescas, se aconseja colocar arandelas separadoras en los insertos, aplicadas durante la fase de polimerización de la protección con XEPOX P.

■ ADHESIVOS EPOXI XEPOX

UNA FAMILIA HISTÓRICA DE PRODUCTOS PARA UNIONES ENTRE ELEMENTOS DE MADERA, QUE GARANTIZA UN ÓPTIMO RESTABLECIMIENTO DE LA RESISTENCIA Y LA RIGIDEZ

Los adhesivos epoxi XEPOX son resinas bicomponentes formuladas especialmente para penetrar en la microestructura de la madera, adherirse a ella con gran eficacia y reducir la cristalización típica de las resinas.

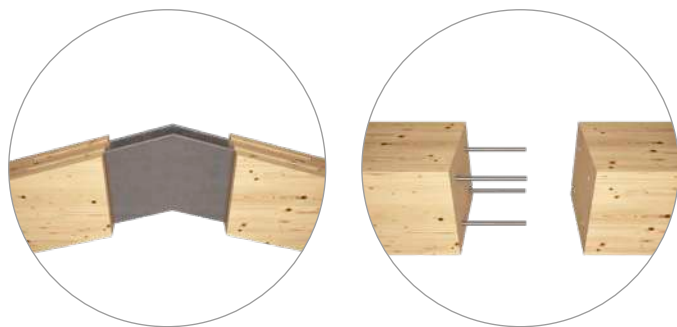
La mezcla de los componentes A y B provoca una reacción exotérmica (desarrollo de calor) y, una vez endurecida, forma una estructura tridimensional con propiedades excepcionales, a saber: durabilidad en el tiempo, sin interacción con la humedad, óptima estabilidad térmica y elevada rigidez y resistencia.

Cada elemento químico o mineral de la formulación tiene una función específica y, todos juntos, permiten obtener las características de rendimiento del adhesivo.

■ CAMPOS DE APLICACIÓN

Los productos XEPOX, al tener diferentes viscosidades, son muy versátiles y se pueden usar en cualquier tipo de unión, tanto en las nuevas construcciones como en las recuperaciones estructurales. Cuando se usa con acero, en particular en placas enarenadas o perforadas y en barras, proporciona resistencias altas en espesores reducidos.

1. UNIONES DE CONTINUIDAD A MOMENTO



2. CONEXIONES DE DOS O TRES VÍAS



3. UNIÓN EN MEDIO DE MADERA



4. REHABILITACIÓN DE PARTES DETERIORADAS



■ MEJORAS ESTÉTICAS

El formato en cartucho permite usar el producto también en reparaciones estéticas y para encolados en pequeñas cantidades.





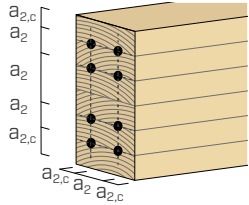
UNIONES CON BARRAS ENCOLADAS

A continuación se proporcionan las indicaciones de la norma DIN 1052:2008 y de las normas italianas CNR DT 207:2018.

DISTANCIAS MÍNIMAS PARA BARRAS

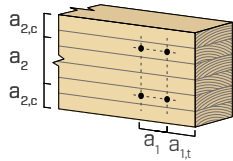
TRACCIÓN
Barras encoladas // a la fibra

a ₂	5d
a _{2,c}	2,5d



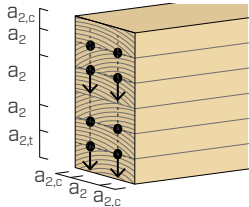
TRACCIÓN
Barras encoladas ⊥ a la fibra

a ₁	4d
a ₂	4d
a _{1,t}	2,5d
a _{2,c}	2,5d



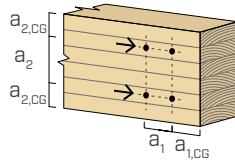
CORTE
Barras encoladas // a la fibra

a ₂	5d
a _{2,c}	2,5d
a _{2,t}	4d



CORTE
Barras encoladas ⊥ a la fibra

a ₁	7d
a ₂	5d
a _{1,CG}	10d
a _{2,CG}	4d



La longitud mínima de inserción es igual a:

$$l_{min} = \max \left\{ \begin{matrix} 0,5 d^2 \\ 10 d \end{matrix} \right\}$$

MÉTODO DE CÁLCULO

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN

La resistencia a la tracción de una barra de diámetro d es igual a:

$$R_{ax,d} = \min \left\{ \begin{matrix} f_{yd} \cdot A_{res} & \text{rotura del acero} \\ \pi \cdot d \cdot l \cdot f_{v,d} & \text{rotura de la madera al corte} \\ f_{t,0,d} \cdot A_{eff} & \text{rotura de la madera a la tracción} \end{matrix} \right.$$

El área efectiva considera un cuadrado de madera con un lado máximo igual a 6d; el área se reduce en caso de distancias menores entre los elementos o desde el borde.

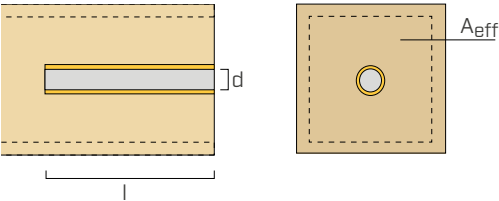
f_{yd} = resistencia del acero de proyecto
f_{t,0,d} = resistencia a la tracción de proyecto de la madera

La resistencia al corte del encolado f_{v,k} depende de la longitud de inserción

l [mm]	f _{v,k} [MPa]
≤ 250	4
250 < l ≤ 500	5,25 - 0,005 x l
500 < l ≤ 1000	3,5 - 0,0015 x l

para un ángulo α de inclinación con respecto a la fibra se obtiene:

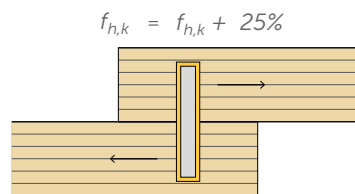
$$f_{v,\alpha,k} = f_{v,k} \cdot (1,5 \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha)$$



RESISTENCIA AL CORTE

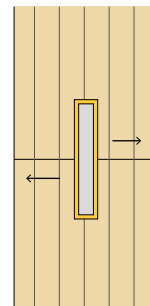
La resistencia al corte de una barra se puede calcular con las conocidas fórmulas de Johansen para pernos teniendo en cuenta las siguientes observaciones.

Para barras encoladas perpendicularmente a la fibra, la resistencia al recalcado se puede aumentar hasta un 25 %.



La resistencia al recalcado para barras encoladas paralelamente a la fibra es igual al 10 % del valor perpendicular a la fibra.

$$f_{h,k, //} = 10\% f_{h,k}$$



El efecto hueco se evalúa como la resistencia a la extracción (rotura b) proporcionada por el encolado.

Para obtener la resistencia de una barra encolada con un ángulo α , se permite la interpolación lineal entre los valores de resistencia para α a 0 ° y 90 °.

EXPERIMENTACIÓN

A continuación se proporciona el cálculo por extracción de una barra encolada con XEPOX y el resultado se compara con las pruebas realizadas en la Universidad de Biel, midiendo el factor de reserva de resistencia entre la prueba y el cálculo. Esto demuestra el margen de seguridad existente: sin embargo, se recuerda que el valor derivado de la prueba no es un valor característico y no se debe considerar un valor de uso en el proyecto.



DATOS GEOMÉTRICOS

Lado de la muestra	80	mm
A_{eff}	6400	mm
d	16	mm
l	160	mm
f_{yk}	900	MPa
$f_{t,0,k}$	27	MPa
γ_{M0}	1	
k_{mod}	1,1	
γ_M	1,3	



Rotura del acero	162,9	kN
Rotura de la madera al corte	29,0	kN
Rotura de la madera a la tracción	146,2	kN
$R_{ax,d}$ = acción axial de resistencia de proyecto	29,0	kN
$R_{ax,d}$ = acción axial de resistencia media experimental	96,3	kN
f = factor de reserva de resistencia	3,3	

NOTAS:

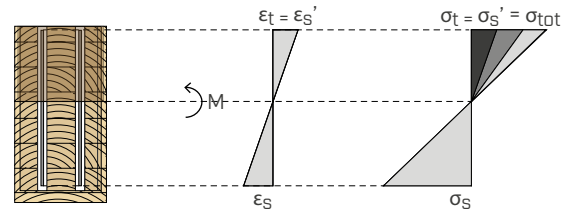
La resistencia a la tracción se ha deducido a partir de la densidad media de las muestras utilizadas en las pruebas.

Los cálculos se han efectuado teniendo en cuenta los valores de k_{mod} y γ_{M0} según EN 1995 1-1 y γ_M según EN 1993 1-1.

UNIONES A MOMENTO CON PLACAS

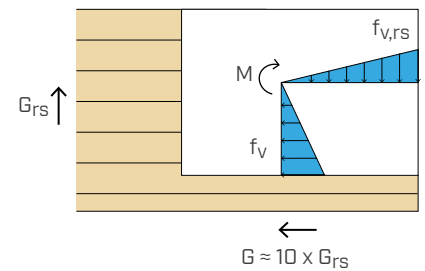
MÉTODO DE CÁLCULO | SECCIÓN DEL EXTREMO

Los esfuerzos debidos al momento y a la acción axial se determinan homogeneizando los materiales de la sección, suponiendo que se conserven las secciones planas. La sollicitación de corte es absorbida solo por las placas. También es necesario verificar las sollicitaciones que actúan en la sección de madera al neto de los fresados.



MÉTODO DE CÁLCULO | DISTRIBUCIÓN DEL MOMENTO EN LA INTERFAZ ACERO-ADHESIVO-MADERA

El momento se distribuye entre las superficies de interfaz y, luego, se descompone en esfuerzos, considerando tanto la inercia polar alrededor del baricentro como las diferentes rigideces de la madera. De esta manera, se obtienen las tensiones tangenciales máximas en dirección ortogonal y paralela a la fibra, que deben comprobarse también en su interacción.



Momento de inercia polar de mitad inserto con respecto al baricentro, pesado sobre los módulos de corte de madera:

$$J_p^* = \frac{l_i \cdot h^3}{12} \cdot G + \frac{l_i^3 \cdot h}{12} \cdot G_{rs}$$

Cálculo de los esfuerzos tangenciales y verificación combinada:

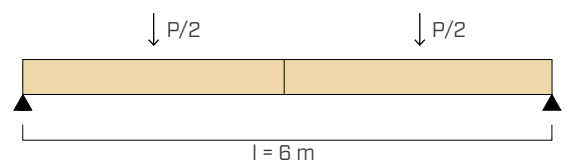
$$\tau_{max,hor} = \frac{(M_d + M_{T,Ed})}{2 \cdot n_i \cdot J_p^*} \cdot \frac{h}{2} \cdot G + \frac{N_d}{2 \cdot n_i \cdot A_i}$$

$$\tau_{max,vert} = \frac{(M_d + M_{T,Ed}) \cdot e}{2 \cdot n_i \cdot J_p^*} \cdot G_{rs} + \frac{V_d}{2 \cdot n_i \cdot A_i}$$

$$\sqrt{\left(\frac{\tau_{max,hor}}{f_{v,d}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{max,vert}}{f_{v,rs,d}}\right)^2} \leq 1$$

EXPERIMENTACIÓN

Se proporciona el cálculo de dos uniones a momento realizadas con XEPOX y el resultado se compara con las pruebas de flexión en 4 puntos realizadas en el Politécnico de Milán. Se determina el **factor de reserva de resistencia** entre la prueba y el cálculo, que demuestra el buen margen de seguridad existente en el cálculo de las uniones. El valor derivado de la prueba **no es un valor característico y no se debe considerar un valor de uso en el proyecto**.



LEYENDA:

B	base de la viga
H	altura de la viga
α_1	ángulo de inclinación de las vigas
n_i	número de insertos
S_i	espesor de los insertos metálicos
h_i	altura de los insertos metálicos
l_i	longitud de introducción de los insertos metálicos
A_i	superficie de mitad inserto
e	excentricidad entre el baricentro de la placa y la unión de extremo

B_n	anchura de la viga al neto de los fresados
σ_t	máxima tensión de compresión en la madera
σ_s'	máxima tensión de compresión en el acero
σ_s	máxima tensión de tracción en el acero
σ_{tm}	esfuerzo flexional máximo en la madera
$\tau_{max,hor}$	máximo esfuerzo tangencial horizontal
$\tau_{max,vert}$	máximo esfuerzo tangencial vertical
$f_{v,d}$	resistencia al corte paralelo a la fibra
$f_{v,rs,d}$	resistencia al corte perpendicular a la fibra
$k_{c,90}$	parámetro de EC 1995 1-1

EJEMPLO 1 | UNIÓN DE CONTINUIDAD

GEOMETRÍA DEL NUDO: VIGAS Y PLACAS

n_i	2 mm	B	200 mm
S_i	5 mm	H	360 mm
h_i	320 mm	B_n	182 mm
l_i	400 mm		
e	200 mm		

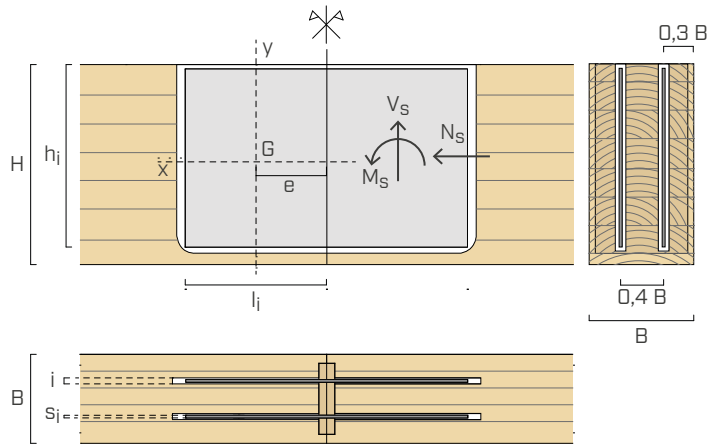
MATERIALES Y DATOS DE PROYECTO

Clase de acero	S275
γ_{MO}	1
Clases de madera	GL24h
k_{mod}	1,1
$\gamma_{M\ timber}$	1,3

Insertos metálicos enarenados a un grado de SA2,5/SA3 (ISO8501).

USO DE XEPOX

Protección de los insertos contra la oxidación con XEPOX P. Uso de adhesivo XEPOX F o XEPOX L.



VERIFICACIONES

M_d	momento de proyecto aplicado	54,3 kNm
-------	------------------------------	----------

VERIFICACIÓN DE LA UNIÓN DE EXTREMO^{[1], [2]}

		% de verificación
σ_t	10,6 MPa	53 %
$\sigma_{s'}$	185,8 MPa	68 %
σ_s	274,9 MPa	100 %

VERIFICACIÓN DE LA SECCIÓN DE MADERA AL NETO DE LOS FRESADOS

		% de verificación
σ_{tm}	14,1 MPa	70 %

VERIFICACIÓN DE LA TENSIÓN TANGENCIAL MÁXIMA EN LAS SUPERFICIES DE INTERFAZ^{[3], [4]}

		% de verificación
J_p^*	$8,56 \cdot 10^{11} \text{ Nmm}^2$	
$\tau_{\max, \text{hor}}^{(3)}$	1,7 MPa	57 %
$\tau_{\max, \text{vert}}^{(3)}$	0,2 MPa	20 %
verificación combinada		60 %

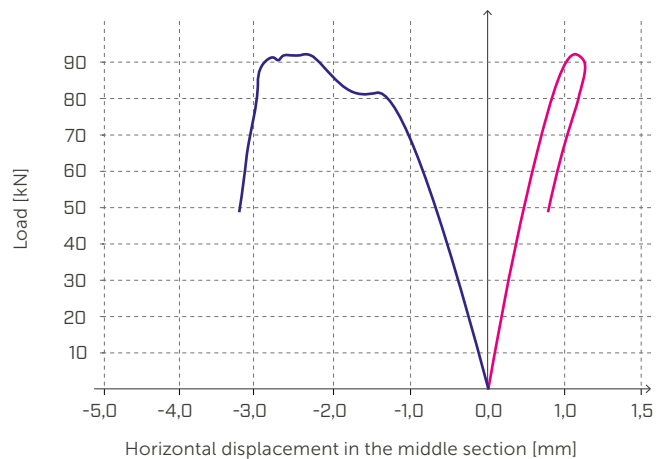
$M_d = M_{Rd}$	momento aplicado = momento de resistencia de proyecto	54,3 kNm
M_{TEST}	momento de resistencia según prueba	94,1 kNm
f	factor de reserva de resistencia	1,7

GRÁFICO FUERZA - DESPLAZAMIENTO

Desplazamiento horizontal de las fibras en tracción y compresión en la línea media.

El gráfico muestra el mayor desplazamiento de las fibras en tracción y valida la hipótesis de cálculo según la cual la madera reacciona a la compresión junto con los insertos metálicos, desplazando el eje neutro hacia arriba.

— BORDE SUPERIOR
— BORDE INFERIOR



EJEMPLO 2: UNIÓN INCLINADAS

GEOMETRÍA DEL NUDO: VIGAS Y PLACAS

n_i	2 mm	B	200 mm
S_i	6 mm	H	360 mm
h_i	300 mm	B_n	176 mm
l_i	568 mm	α_1	21,8 °
e	332 mm		

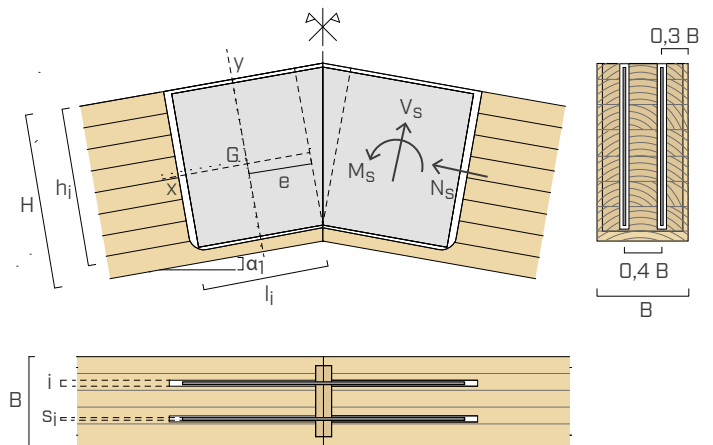
MATERIALES Y DATOS DE PROYECTO

Clase de acero	S275
Y_{M0}	1
Clases de madera	GL32c
k_{mod}	1,1
$Y_{M\ timber}$	1,3

Insertos metálicos enarenados a un grado de SA2,5/SA3 (ISO8501).

USO DE XEPOX

Protección de los insertos contra la oxidación con XEPOX P. Uso de adhesivo XEPOX F o XEPOX L.



VERIFICACIONES

M_d	momento de proyecto aplicado	63,5 kNm
-------	------------------------------	-----------------

VERIFICACIÓN DE LA UNIÓN DE EXTREMO^{(1), (2)}

		% de verificación
$k_{c,90}^{(A)}$	1,75	
σ_c	12,7 MPa	100 %
$\sigma_{s'}$	180,7 MPa	66 %
σ_s	262,0 MPa	95 %

VERIFICACIÓN DE LA SECCIÓN DE MADERA AL NETO DE LOS FRESADOS

		% de verificación
σ_t	16,7 MPa	62 %

VERIFICACIÓN DE LA TENSIÓN TANGENCIAL MÁXIMA EN LAS SUPERFICIES DE INTERFAZ^{(3), (4)}

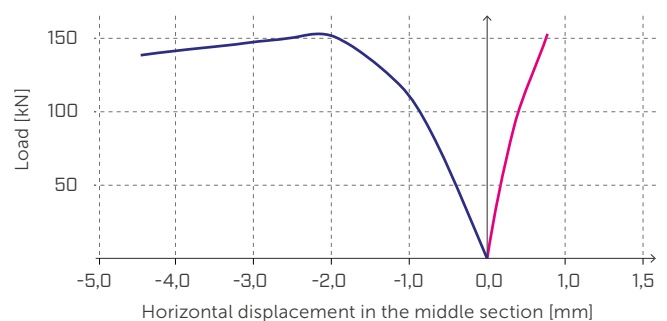
		% de verificación
J_p^*	$1,52 \cdot 10^{12} \text{ Nmm}^2$	
$\tau_{max,hor}^{(3)}$	1,1 MPa	38 %
$\tau_{max,vert}^{(3)}$	0,2 MPa	21 %
verificación combinada		43 %

$M_d = M_{Rd}$	momento aplicado = momento de resistencia de proyecto	63,5 kNm
M_{TEST}	momento de resistencia según prueba	131,8 kNm
f	factor de reserva de resistencia	2,1

GRÁFICO FUERZA - DESPLAZAMIENTO

Desplazamiento horizontal de las fibras en tracción y compresión en la línea media.

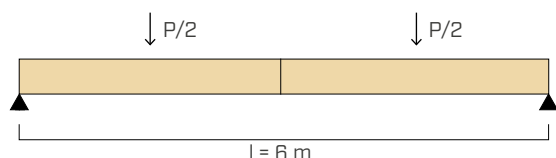
El gráfico muestra el mayor desplazamiento de las fibras en tracción y valida la hipótesis de cálculo según la cual la madera reacciona a la compresión junto con los insertos metálicos, desplazando el eje neutro hacia arriba.



— BORDE SUPERIOR
— BORDE INFERIOR

RIGIDEZ DE LAS UNIONES

Las uniones a momento realizadas con adhesivos XEPOX garantizan una óptima rigidez a los elementos unidos. Para demostrarlo, se han comparado los valores de flecha obtenidos mediante cálculos analíticos para un viga no unida de igual luz, sección y carga con los datos experimentales del ejemplo de cálculo 1.



Para obtener un valor de referencia de la flecha a partir de los datos experimentales disponibles, es necesario determinar una carga de ejercicio. Para obtenerla, es posible considerar el momento de resistencia de $54,5 \text{ kNm}$ determinado para la viga del ejemplo de cálculo 1, que idealmente corresponde a la máxima sollicitación aceptable en el estado límite último. Partiendo de este dato y asignando una distribución de cargas realista en la viga, es posible determinar un momento máximo de sollicitación en ejercicio aplicando los coeficientes de amplificación de las cargas según la normativa de referencia.

Por lo tanto, suponiendo que se dimensiona una cubierta plana de madera no transitable, se definen las siguientes cargas.

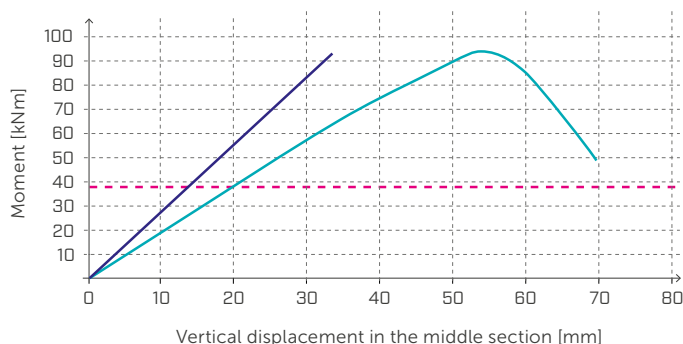
$$p = 1,5 \text{ kN/m}^2 ; q = 1,5 \text{ kN/m}^2$$

En esta hipótesis, la carga total, en la combinación más dura de ejercicio, es de aproximadamente el 70 % de la carga en el estado límite último.

En consecuencia, el momento máximo en ejercicio es igual a $54,3 \times 0,7 = 38 \text{ kNm}$, que causa una flecha instantánea, para la viga no unida, de aproximadamente 13 mm , mientras que la flecha medida experimentalmente es de 19 mm . Por lo tanto, el aumento de desplazamiento vertical en ejercicio se sitúa en: $l/1050$.

GRÁFICO MOMENTO - DESPLAZAMIENTO

- VIGA CON UNIÓN XEPOX
- VIGA CONTINUA
- - - MOMENTO MÁXIMO EN EJERCICIO



NOTAS:

^(A) $k_{c,90}$ es un factor que modula la resistencia a la compresión de la madera en relación con el ángulo fuerza-fibra en la fórmula de Hankinson (EC 1995-1-1, punto 6.1.5). Sin embargo, la fórmula no tiene en cuenta la estabilización de las fibras de madera que ofrece la resina al llenar los vacíos de la madera; por lo tanto, el proyectista puede aumentar este factor.

⁽¹⁾ La sección se ha calculado considerando uniones elástico-lineales para todos los materiales. Cabe señalar que, en caso de cargas axiales y de corte, es necesario verificar la combinación de estos esfuerzos.

⁽²⁾ En este cálculo se considera que el cojinete de resina permite un contacto completo de la sección de interfaz y que, por lo tanto, la madera puede reaccionar a la compresión. En caso de que no se realice el cojinete de resina, se aconseja verificar solo el inserto metálico como reactivo, aplicando la siguiente fórmula con los parámetros geométricos del inserto:

$$f_{yd} \leq \frac{M_d}{\frac{B \cdot h^2}{6}}$$

⁽³⁾ Cabe señalar que los adhesivos XEPOX se caracterizan por resistencias características de tracción y corte muy superiores a las resistencias de la madera y que no cambian con el tiempo. Por este motivo, la verificación de la resistencia a la torsión de las interfaces se realiza evaluando solo el lado madera, considerando que el adhesivo cumple dicha verificación.

⁽⁴⁾ La tensión de corte " τ " de la interfaz madera-adhesivo-acero, transferida a la madera, se calcula en su valor máximo en caso de inclinación paralela o perpendicular a las fibras de la madera. Estas tensiones se comparan respectivamente con la resistencia al corte de la madera y con la resistencia al "rolling shear". Este cálculo también debería considerar la magnitud del momento de transporte $M_{T,Ed}$ resultante de la sollicitación de corte, si está presente.

Se precisa que los cálculos se han efectuado teniendo en cuenta los valores de k_{mod} y γ_M según EN 1995 1-1 y γ_{M0} según EN 1993 1-1.