

Smartbook
**CONSTRUCCIÓN, AGUA
Y DURABILIDAD**

**rothoblaas**

Solutions for Building Technology

■ GUÍA DE DISEÑO

desde pág. **5**

Un diseño detallado define el esquema estructural, los detalles constructivos y las fijaciones, teniendo en cuenta también la fase de obra. Cada decisión tomada en el diseño reduce las variables críticas en obra. No es suficiente con proyectar la estructura y algunos detalles constructivos: hay que planificar tanto las fases de ejecución como las protecciones temporales. De hecho, las prestaciones y la durabilidad en el tiempo dependen de estas elecciones.

■ CONEXIONES

desde pág. **17**

Las conexiones son uno de los puntos más delicados de la estructura. Humedad, agua estancada, corrosión, detalles constructivos incorrectos y fijaciones mal instaladas pueden comprometer la durabilidad y la seguridad. Por ello, es fundamental identificar las conexiones críticas, diseñar correctamente la unión y garantizar la correcta instalación e inspección de los sistemas de fijación.

■ LÁMINAS Y CINTAS

desde pág. **71**

Diseñar correctamente los sistemas de protección y estanquidad al aire, agua y vapor requiere evaluar previamente el elemento constructivo y las condiciones de exposición. Las soluciones no deben elegirse al azar, ya que repercuten directamente en las prestaciones, el control de flujos y la durabilidad de la envolvente.

■ DETALLES CONSTRUCTIVOS

desde pág. **129**

Los principales nudos constructivos, como la fijación al suelo, los cerramientos, el drenaje del agua, la ventilación y los pasos de las instalaciones, requieren un diseño detallado. Cualquier discontinuidad representa un posible punto crítico. La calidad del detalle constructivo determina la eficacia global del sistema.

■ PLANES DE EJECUCIÓN

desde pág. **173**

Las fases de transporte, almacenamiento, montaje y gestión de la humedad se definen mediante planes de implementación y control que comparten problemas comunes: seguridad, prestaciones, durabilidad y calidad de la obra. El plan de gestión de la humedad no se superpone a los otros, sino que es transversal, ya que condiciona los tiempos, los detalles y los controles de cada fase de ejecución.

GUÍA DE DISEÑO

GUÍA DE DISEÑO

Un diseño detallado define el esquema estructural, los detalles constructivos y las fijaciones, teniendo en cuenta también la fase de obra. Cada decisión tomada en el diseño reduce las variables críticas en obra. No es suficiente con proyectar la estructura y algunos detalles constructivos: hay que planificar tanto las fases de ejecución como las protecciones temporales. De hecho, las prestaciones y la durabilidad en el tiempo dependen de estas elecciones.

DISEÑO DEL EDIFICIO

desde pág. **6**

DISEÑO DE LA FASE DE OBRA

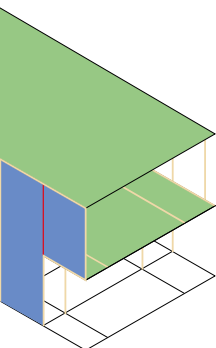
desde pág. **10**

EJECUCIÓN Y DIRECCIÓN DE LOS TRABAJOS

desde pág. **13**

DISEÑO DEL EDIFICIO

1 IDENTIFICA EL ESQUEMA ESTÁTICO Y EL RECORRIDO GLOBAL DE LAS CARGAS



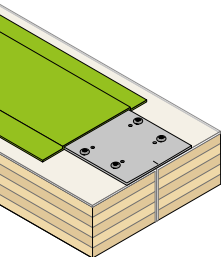
Esquema estructural con redundancias y recorridos alternativos: un fallo localizado no provoca un colapso global. Las uniones y las conexiones están diseñadas para redistribuir las cargas.



Esquema isostático o con pocos recorridos alternativos: las conexiones desempeñan un papel especialmente importante en el comportamiento global de la estructura. En estos casos, es crucial prestar más atención al diseño de los detalles, a la gestión de la humedad y a la elección de las fijaciones.

Más información en la pág. 186

2 DISEÑA EL DETALLE CONSTRUCTIVO DE LA CONEXIÓN PARA GESTIONAR EL AGUA Y LA HUMEDAD



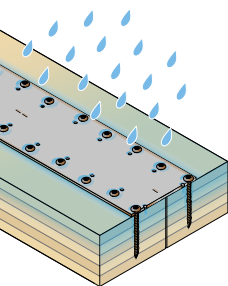
Unión diseñada para limitar las filtraciones y la acumulación de agua: protección y sellado continuos de los puntos críticos, drenaje del agua y posibilidad de ventilación y secado.



Unión sin gestión del agua o con gestión parcial: protecciones discontinuas, posibles filtraciones y encharcamientos localizados, geometrías que favorecen la acumulación de agua, falta de drenaje y dificultad de secado.

Más información en la pág. 42

3 SELECCIONA LAS FIJACIONES ADECUADAS EN FUNCIÓN DE LA CORROSIVIDAD DE SERVICIO Y DE LA OBRA



Para conexiones críticas y/o ambientes húmedos: acero inoxidable o acero al carbono con revestimiento avanzado (por ejemplo, EVO). Indicaciones claras en las especificaciones y compatibilidad comprobada entre la madera, las fijaciones y los metales acoplados para evitar la corrosión galvánica.



Uso de electrogalvanizado estándar en condiciones no secas o en entornos contaminados o cerca del mar: es posible que la resistencia a la corrosión no sea suficiente. Indicaciones poco claras en las especificaciones y posibles acoplamientos galvánicos.

Más información en la pág. 18

DISEÑA UNA FIJACIÓN AL SUELO ADECUADA



Diseño detallado con pared realizada respecto al suelo, impermeabilización continua, sellados correctos, pendientes adecuadas, drenaje eficiente y ausencia de puentes térmicos.

Conexiones protegidas del agua en la base, respeto de las distancias a los bordes, construcción de durmientes regulares y correcta disposición de las fijaciones.

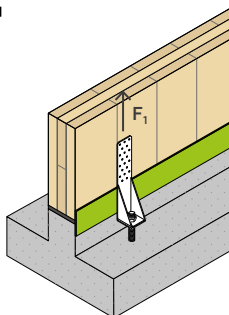


Pared por debajo del nivel del suelo o, en cualquier caso, expuesta a humedad persistente, falta de impermeabilización o no realizada correctamente, presencia de puentes térmicos, pendientes y drenaje ineficaces y, por consiguiente, agua estancada.

Conexiones en la base de la pared encharcadas por mucho tiempo, agujeros o placas que retienen el agua, contacto con hormigón húmedo, acoplamientos galvánicos e incumplimiento de las distancias mínimas.

Más información en la pág. 130

4



ELIGE LA LÁMINA CORRECTA PARA EL CONTROL DEL VAPOR



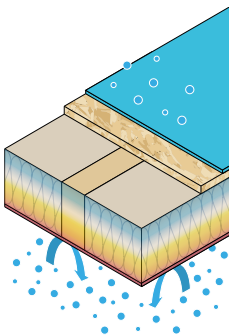
Lámina con valor S_d definido según el proyecto y las condiciones climáticas. S_d comprobado mediante cálculos para garantizar el equilibrio higrométrico y la correcta gestión del vapor. Condiciones climáticas caracterizadas por ciclos secos contribuyen a reducir el riesgo de condensación.



Lámina con valor S_d no adecuado o no comprobado. Detalles no diseñados, no encintados o mal gestionados reducen la funcionalidad de la estratigrafía y aumentan el riesgo de filtraciones y condensación. Condiciones climáticas extremas, posición crítica de las láminas dentro del paquete y climas tropicales introducen incertidumbres adicionales en las previsiones.

Más información en la pág. 94

5



GARANTIZA LA ESTANQUIDAD AL AIRE DE LA ENVOLVENTE

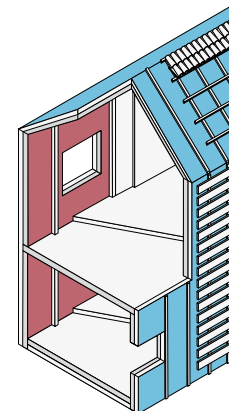


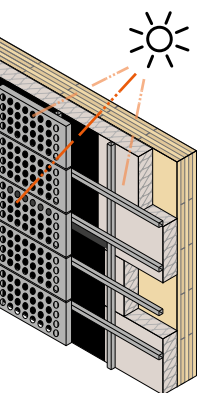
Sistema diseñado y realizado para garantizar la continuidad de la barrera al aire en toda la estratigrafía. Uniones selladas correctamente, conexiones entre elementos hechas con esmero y ausencia de interrupciones.



Uniones sin sellar, discontinuidades en las conexiones y agujeros sin protección comprometen la continuidad de la barrera al aire y aumentan el riesgo de filtraciones, condensación intersticial y pérdida de eficiencia energética.

6





7 DEFINE LA CAPA DE ACABADO DE LA ENVOLVENTE

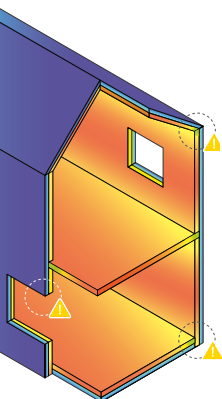


Las láminas certificadas y ensayadas para ser resistentes a los agentes atmosféricos garantizan protección y durabilidad. Exposición de la lámina controlada y limitada, con reducción del estrés en los encintados y mayor estabilidad del sistema.



Productos no certificados para el uso previsto o de baja calidad se degradan rápidamente y ofrecen una protección insuficiente. La exposición prolongada y el riesgo de fenómenos meteorológicos repetidos aceleran la degradación de la lámina y aumentan el estrés en los encintados.

Más información en la pág. 106



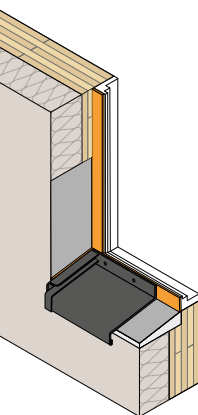
8 EVITA LA PRESENCIA DE PUENTES TÉRMICOS



Detalles diseñados para garantizar la continuidad térmica, mediante un aislamiento continuo y un sellado eficaz, y limitar también la dispersión y la formación de condensación.



Puentes térmicos no analizados o mal diseñados, interrupciones de la capa aislante e inserción de elementos que reducen la temperatura en la estratigrafía favorecen la formación de condensación y, por consiguiente, aumentan el riesgo de degradación de los materiales.



9 DISEÑA EL NUDO CERRAMIENTO-ESTRUCTURA



Detalle diseñado según la regla de los tres niveles de protección. Continuidad de la estanqueidad al agua y al aire, así como del aislamiento térmico y acústico, para garantizar las prestaciones del sistema. Presencia de drenaje y pendientes correctas, para evacuar eficazmente el agua y evitar la acumulación de humedad. Alféizares y persianas integrados en el detalle durante la fase de diseño, con continuidad de las capas funcionales.



Nudo cerramiento-estructura sin una estrategia clara de los tres niveles de protección. Discontinuidades en los sellados y en las conexiones que comprometen la estanqueidad al aire y al agua. Falta de drenaje y de pendientes adecuadas, con el consiguiente estancamiento y acumulación de humedad. Alféizares y persianas no integrados en el detalle, que generan puntos críticos.

Más información en la pág. 140

PREVÉ EL DISEÑO INTEGRADO



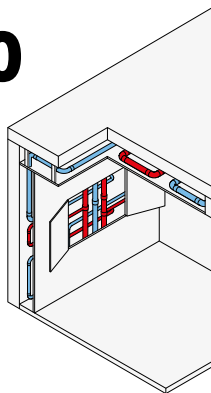
Instalaciones hidráulicas y eléctricas diseñadas e integradas en la estratigrafía, con recorridos definidos y separados de los elementos estructurales. Pasos sellados correctamente para garantizar la continuidad de la barrera al aire y al agua.



Instalaciones ejecutadas sin un diseño previo, con pasos improvisados, que interrumpen la continuidad de la barrera al aire y al agua. Agujeros sin sellar y materiales no compatibles favorecen las filtraciones y la degradación prematura.

Más información en la pág. 166

10



DISEÑA EL ESCURRIMIENTO DE LAS AGUAS METEÓRICAS



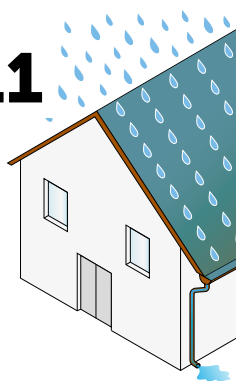
Sistema de drenaje diseñado para garantizar el rápido escurrimiento del agua, con pendientes correctas y desagües dimensionados según las normas. Prever rebosaderos y evitar la instalación de canalones empotrados. Garantizar el correcto mantenimiento durante todo el ciclo de vida del edificio.



Falta de pendientes adecuadas o desagües de tamaño insuficiente provocan el estancamiento y la acumulación de agua. Si no se diseñan detalles cruciales, como bajantes y canalones integrados, se reduce la funcionalidad del sistema.

Más información en la pág. 156

11



PREVÉ ESTRATIGRAFÍAS VENTILADAS



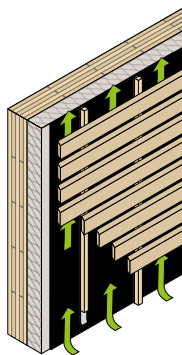
Una ventilación eficaz de las capas favorece el secado y reduce el riesgo de condensación.



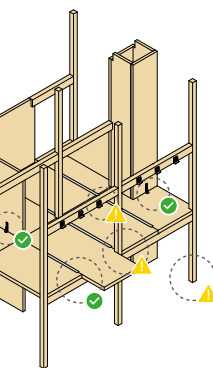
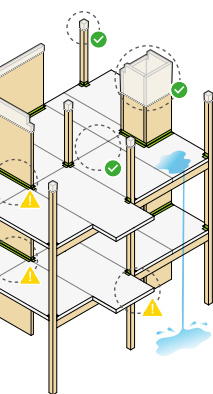
La falta o la escasa ventilación provocan la acumulación de humedad y la degradación acelerada de los materiales.

Más información en la pág. 150

12



DISEÑO DE LA FASE DE OBRA



1 EVALÚA EL TIPO DE ELEMENTO CONSTRUCTIVO Y LOS PUNTOS CRÍTICOS

Determinar el riesgo en función de la geometría y la inclinación de los elementos y prever soluciones de desviación, escurrimiento, drenaje y secado para asegurar que la madera permanezca seca o pueda secarse rápidamente. Planificar los trabajos en la obra teniendo en cuenta las condiciones meteorológicas y cuánto tiempo estará expuesta al agua.

Ignorar la exposición a los agentes atmosféricos y la presencia de agua en los elementos. Las superficies horizontales, los espacios cerrados, los nudos complejos, los alojamientos y fresados en vigas, así como la parte inferior y superior de las paredes, favorecen la acumulación de agua, ralentizan el secado y aumentan el riesgo de degradación prematura de la madera.

Más información en la pág. 72

2 IDENTIFICA LAS CONEXIONES CRÍTICAS

Proteger las conexiones con placas de acero gruesas para evitar el contacto directo con el agua y prevenir su estancamiento prolongado. Aplicar protecciones tanto en la parte superior como en la inferior y cuidar los detalles a lo largo del perímetro del edificio. Preferir configuraciones inclinadas o verticales y adoptar soluciones de drenaje que puedan inspeccionarse y queden separadas de los elementos de madera.

Realizar conexiones con placas de acero gruesas, sin protección y que drenan mal, sobre todo en el perímetro del edificio. Ejecutar solapamientos de las láminas sin vías de drenaje, lo que provoca estancamientos. Diseñar balcones, voladizos y fijaciones para muros cortina con conexiones expuestas de gran tamaño y no protegidas adecuadamente contra el agua.

Más información en la pág. 34

EVALUAR LAS CARGAS DE LA OBRA EN LA CONEXIÓN



La conexión no se carga antes de aplicar todas las fijaciones que la componen. Fijaciones instaladas y apretadas correctamente. Ninguna carga de almacenamiento o montaje recae en los tornillos; la zona permanece protegida o el edificio está cerrado.

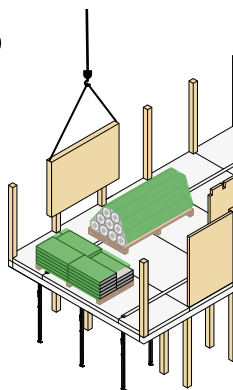
Si se prevén cargas (almacenamiento, transporte, desplazamiento de trabajadores en obra), completar la instalación de las conexiones antes de aplicar las cargas.



Carga de la conexión durante la fase de obra sin comprobaciones suficientes: aunque las cargas sean inferiores a las de diseño, pueden repetirse o ser de distinta naturaleza (apuntalamientos, apoyos provisionales, almacenamiento). Si las cargas durante la construcción no se han evaluado o son iguales o superiores a las solicitaciones de diseño, se aumenta el riesgo de sobrecargas localizadas en los tornillos. Conexiones parcialmente instaladas.

Más información en la pág. 186

3



IDENTIFICA LA VENTANA METEOROLÓGICA Y EL NIVEL DE CORROSIVIDAD DEL AMBIENTE DURANTE LA OBRA



Baja probabilidad de lluvia u obra cubierta con exposición breve y controlada. Secado planificado (ventilación/listonado) y control continuo de la humedad antes de finalizar los detalles.

Entorno lejos del mar o protegido; si el entorno es corrosivo o húmedo, se deben prever protecciones y fijaciones/revestimientos adecuados. Acoplamientos galvánicos no presentes o correctamente gestionados durante la fase de obra.

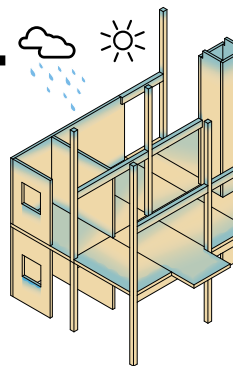


Lluvias frecuentes o ventanas meteorológicas no gestionadas: mojados repetidos, secado difícil y posible acumulación de agua.

Ambiente corrosivo sin medidas adecuadas. Exposición prolongada de la madera a condiciones de elevada corrosividad. Acoplamientos galvánicos presentes, no mitigados.

Más información en la pág. 18

4



ELIGE LA PROTECCIÓN DE OBRA



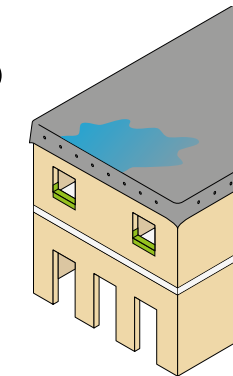
Protección completa de los elementos constructivos mediante láminas impermeables correctamente instaladas. Sellado de las uniones y de las zonas con riesgo de filtraciones. Si es el caso, uso de madera tratada para mejorar el nivel de protección. Zonas con precipitaciones moderadas y ciclos de temperatura estables reducen el riesgo.



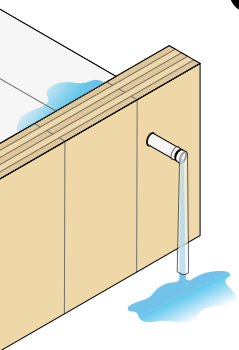
Falta de sistemas de protección o láminas mal instaladas favorecen las filtraciones y la acumulación de agua. Detalles que no protegen los elementos de madera, o que impiden el secado, y madera con elevada humedad inicial aumentan el riesgo. Lluvia persistente, nieve, ciclos de hielo-deshielo frecuentes y cambios de temperatura día-noche que favorecen la formación de rocío aumentan el riesgo y ofrecen pocas posibilidades de secado.

Más información en la pág. 82

5



6 DISEÑA SISTEMAS PROVISIONALES DE DRENAJE DEL AGUA



Prever sistemas de desvío y drenaje temporales y diseñar uniones y conexiones debidamente selladas para evitar filtraciones y acumulación de agua y favorecer el secado de la estratigrafía.

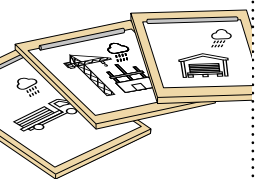


Una mala gestión del agua, estancamientos en zonas sin drenaje, uniones sin sellar y pendientes inadecuadas favorecen la acumulación de agua y aumentan el riesgo de filtraciones.

Más información en el capítulo "EVALUACIÓN DEL ELEMENTO CONSTRUCTIVO Y DE LOS PUNTOS CRÍTICOS" en la pág. 72

Más información en el capítulo "ESCORRENTÍA Y DESVÍO DE LAS AGUAS METEÓRICAS" en la pág. 156

7 ELABORA PLANES DE EJECUCIÓN PARA GESTIONAR LOS MATERIALES EN OBRA



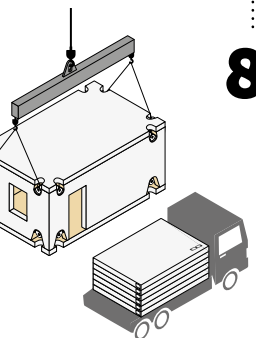
Definir y coordinar planes de ejecución para el transporte y la elevación, el almacenamiento, el montaje, la gestión de la humedad y la seguridad. Prever funciones, controles, secuencias operativas, protecciones temporales, monitorización de la humedad y criterios de verificación coherentes con los tiempos, los detalles constructivos y las condiciones de exposición de la obra.



Falta de planes de ejecución o planes incompletos o no coordinados, incluidos los aspectos de seguridad. Gestión de la humedad, protecciones temporales, controles, secuencias de instalación, acciones correctivas o límites de aceptabilidad no definidos de manera clara. Las obras largas y complejas aumentan significativamente el riesgo.

Más información en la pág. 175

8 GESTIONA LAS PREINSTALACIONES Y LA PREFABRICACIÓN



Instalación del sistema de protección en fábrica, con temperatura controlada, solapamientos correctos y entorno limpio. Esto garantiza la adhesión de los elementos de sellado y la funcionalidad del sistema. El yeso y los materiales sensibles a la humedad, utilizados para la protección contra incendios o el acabado, se han de instalar después de colocar la cubierta para reducir el riesgo.



La instalación en obra con condiciones climáticas variables (frío, humedad o riesgo de lluvia) y los detalles sin resolver reducen la eficacia del sistema de protección. La prefabricación de materiales sensibles a la humedad aumenta la necesidad de protección. El contacto con materiales húmedos o con materiales que presentan un comportamiento higrotérmico diferente favorece la humedad por capilaridad.

EJECUCIÓN Y DIRECCIÓN DE LOS TRABAJOS

ELIGE INSTALADORES CON EXPERIENCIA



Instaladores con formación específica en el montaje de estructuras de madera y conocimientos de los planes de ejecución de la obra. Experiencia en la aplicación de los procedimientos de instalación, las protecciones temporales, los controles y la gestión de la humedad en las diversas fases de trabajo.



Instaladores sin experiencia específica o que desconocen los planes de ejecución. Errores de manipulación, instalación o protección temporal pueden aumentar el riesgo de mojado, los daños en los detalles constructivos, la corrosión o los daños en las fijaciones, así como pérdida de prestaciones durante la obra.

1



EJECUTA LOS PLANES DE EJECUCIÓN PARA GESTIONAR LOS MATERIALES EN OBRA

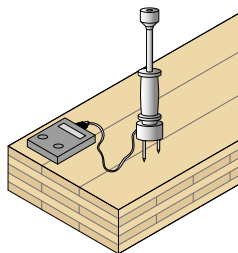


Planes de ejecución llevados a cabo correctamente por instaladores expertos: manipulación, almacenamiento, instalación, protecciones temporales y gestión de la humedad, realizados según los procedimientos previstos. Conexiones y detalles de sellado realizados correctamente, con controles en las distintas fases de trabajo.



Planes de ejecución no implementados o aplicados sin control: los errores en la manipulación, el almacenamiento o en la secuencia de colocación o instalación pueden comprometer la estabilidad temporal, la calidad de ejecución y la correcta realización de las conexiones y de los detalles constructivos.

2



Más información en la pág. 175

APLICA CORRECTAMENTE LAS SOLUCIONES PARA LA PROTECCIÓN EN OBRA

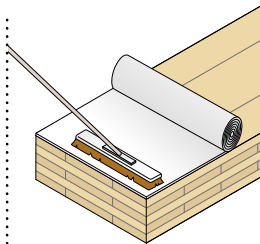


Soluciones de protección aplicadas correctamente y de acuerdo con la ventana meteorológica, la duración de la obra y el nivel de exposición. Protecciones temporales, drenajes, sellados y cubiertas mantenidas eficientes durante las diferentes fases de trabajo con controles e intervenciones inmediatas en caso de lluvia o daños.



No se aplican soluciones de protección o, si se aplican, son incompletas o no se mantienen durante la obra. La falta de gestión de la ventana meteorológica, las protecciones discontinuas o dañadas, el estancamiento y las filtraciones no evitadas aumentan el riesgo de mojado prolongado, degradación de los materiales y corrosión de las conexiones.

3



Más información en la pág. 118

4 CONTROLA LA CALIDAD DE LA APLICACIÓN DE CINTAS, LÁMINAS Y ESPUMAS

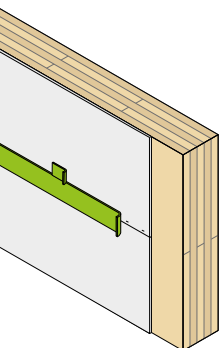


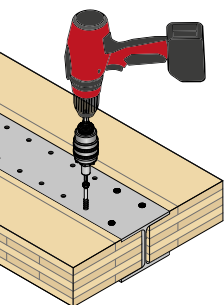
Lámina colocada con la tensión adecuada, solapamientos adecuados a la criticidad del detalle y sellado continuo (todos los agujeros encintados y todas las esquinas unidas). Producto adhesivo elegido según su función, tipo de soporte y temperatura de aplicación. Cintas aplicadas con rodillo sobre superficies secas, limpias y compactas. Uso de primer cuando el soporte es poroso, rugoso o difícil. Espuma poliuretánica adecuada a la función.



Lámina demasiado tensa o demasiado floja, con acumulación de agua y mayor vulnerabilidad al viento. Producto adhesivo no compatible con el soporte, la temperatura o las condiciones de servicio. Cinta aplicada sin presionarla, sobre superficies mojadas, polvorientas o fuera del intervalo de temperatura recomendado. Falta de gestión de las discontinuidades creadas durante la instalación. Espuma no adecuada para la función prevista.

Más información en la pág. 118

5 INSTALA CORRECTAMENTE LOS SISTEMAS DE FIJACIÓN



Fijaciones instaladas según las instrucciones y las especificaciones de proyecto: dirección de inserción correcta, atornilladores adecuados, pre-agujero o agujero piloto cuando es necesario, control del par de apriete y secuencia de instalación coherente para garantizar una distribución uniforme de las solicitaciones en las conexiones.



Instalación incorrecta de las fijaciones: tornillos desviados respecto al ángulo de instalación previsto, torsión excesiva, atornilladores de impacto, falta de pre-agujero cuando es necesario o secuencias de instalación incorrectas pueden generar sobrecargas, daños en el revestimiento y reducción de las prestaciones de la conexión.

Más información en la pág. 46

MONITORIZA, INSPECCIONA Y GESTIONA LA OBRA



Obra monitorizada con inspecciones y controles programados de la humedad, protecciones temporales, drenaje y correcta instalación de las fijaciones. Cualquier filtración o anomalía es detectada y se gestiona de inmediato antes de que afecten las conexiones y los materiales.



Monitorización insuficiente o inspecciones ineficaces: filtraciones, daños en las protecciones, estancamientos, fijaciones mal instaladas o roturas prematuras que, si no se detectan, favorecen la degradación y el deterioro progresivo de las conexiones.

Más información en el capítulo "INSTALACIÓN E INSPECCIÓN DE LOS SISTEMAS DE FIJACIÓN" en la pág. 46

Más información en el capítulo "PLANES DE EJECUCIÓN" en la pág. 174

REALIZA LA PRUEBA FINAL DE LAS INSTALACIONES ANTES DE CERRAR O EMPOTRAR LAS CONEXIONES



Instalaciones probadas antes de cerrar las conexiones, sin fugas ni filtraciones, o bien con posibilidad de intervenir y reparar sin provocar daños importantes en los elementos constructivos ni en las conexiones.



Conexiones empotradas o cerradas sin comprobar antes las instalaciones: cualquier fuga o filtración puede pasar desapercibida y, por lo tanto, provocar humedad persistente y degradación prematura.

GESTIONA LOS PASOS DE LAS INSTALACIONES Y SU INTEGRACIÓN



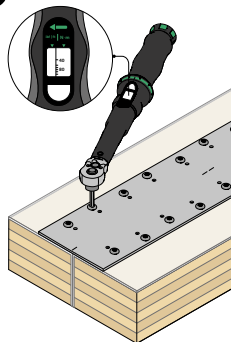
Pasos de las instalaciones e integraciones durante la fase de ejecución gestionadas correctamente, con continuidad de las capas, estanqueidad al aire y al agua y prestaciones de acuerdo con el proyecto.



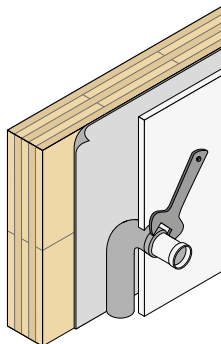
Perforaciones e integraciones realizadas sin gestionar el detalle comprometen la continuidad de las capas y crean puntos de entrada para el agua y el aire, lo que favorece la degradación.

Más información en la pág. 168

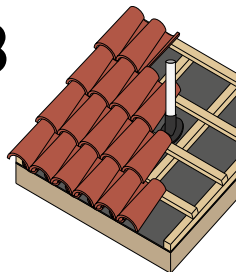
6



7



8



CONEXIONES

CONEXIONES

Las conexiones son uno de los puntos más delicados de la estructura. Humedad, agua estancada, corrosión, detalles constructivos incorrectos y fijaciones mal instaladas pueden comprometer la durabilidad y la seguridad. Por ello, es fundamental identificar las conexiones críticas, diseñar correctamente la unión y garantizar la correcta instalación e inspección de los sistemas de fijación.

CONDICIONES DE CORROSIVIDAD EN OBRA

desde pág. **18**

CONEXIONES CRÍTICAS: IDENTIFICACIÓN Y COMPROBACIÓN

desde pág. **34**

DETALLES CONSTRUCTIVOS DE LA CONEXIÓN PARA GESTIONAR EL AGUA Y LA HUMEDAD

desde pág. **42**

INSTALACIÓN E INSPECCIÓN DE LOS SISTEMAS DE FIJACIÓN

desde pág. **46**

CONDICIONES DE CORROSIVIDAD EN OBRA

Abordar la corrosividad ambiental es fundamental para mantener las prestaciones de los elementos metálicos durante toda la vida útil de los edificios. Por ello, es necesario evaluar la corrosividad en dos escalas, o “lupas”, que difieren tanto en el horizonte temporal como en las condiciones consideradas: la **corrosividad según diseño** y la **corrosividad durante la obra**.

CONDICIONES DE CORROSIVIDAD SEGÚN DISEÑO

Partiendo de la **geolocalización del proyecto**:

- se determina la **categoría de corrosividad atmosférica** superponiendo la ubicación del proyecto con la zonificación de la corrosividad del lugar en el que se construirá. La zonificación puede variar en función del tipo de metal utilizado (acero galvanizado, véase pág. 20, o acero inoxidable, véase pág. 21);
- posteriormente, en función de la exposición de la conexión (y, por lo tanto, de la humedad a la que estará expuesta la madera) y de la especie de madera utilizada, se determina la **categoría de corrosividad de la madera**;
- por último, en las conexiones **metal-madera**, se comprueba la **compatibilidad de los materiales** para prevenir o limitar la corrosión por **acoplamiento galvánico**.



Categorías de corrosividad atmosférica según la norma Fpr EN 1995-1:2025, a partir de ISO 9223.

CLASE DE SERVICIO	SC1	SC2	SC3	SC3	SC4	WET ^(*)
HUMEDAD DE LA MADERA	≤ 10%	10% < ≤ 16%	16% < ≤ 20%	16% < ≤ 20%	> 20%	
pH DE LA MADERA Y TRATAMIENTOS	cualquiera	cualquiera	pH > 4 y sin tratamientos	pH ≤ 4 o maderas tratadas	cualquiera	
CATEGORÍA DE CORROSIVIDAD DE LA MADERA	T1	T2	T3	T4	T5	

Categorías de corrosividad de la madera según la norma Fpr EN 1995-1:2025.

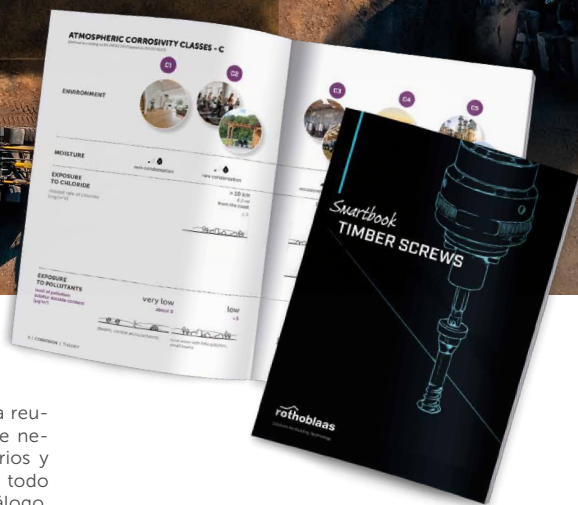
(*) La condición de humedad WET se define en las normas NDS (EE. UU.) y CSA O86 (Canadá) como contenido de humedad de la madera superior al 19 %.

En las conexiones de los edificios comunes, la **corrosividad según diseño determina el material** que se debe utilizar. Sin embargo, la **corrosividad durante la obra** puede ser temporalmente mayor y debe evaluarse para determinar si es conveniente aumentar el margen de protección adicional, sobre todo en caso de obras largas o con condiciones ambientales adversas.



Smartbook TIMBER SCREWS

rothoblaas
Solutions for Building Technology



¿Cuánto sabemos de tornillos?

Teoría, práctica, campañas experimentales: para reunir la máxima información sobre los tornillos se necesitan años de estudios, ensayos en laboratorios y experiencia en las obras. Nosotros lo ponemos todo a tu disposición en 70 páginas adicionales al catálogo. **Porque nuestra experiencia está en tus manos.**

Escanea el código QR para descargar el smartbook



rothoblaas.es



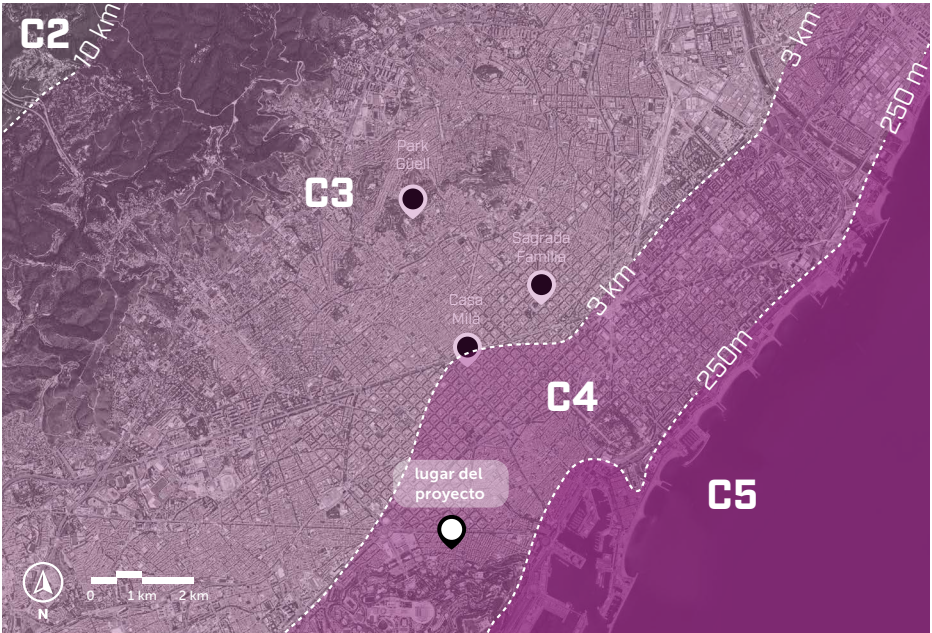
rothoblaas

Solutions for Building Technology

EJEMPLO DE ZONIFICACIÓN

Elementos metálicos de acero al carbono con revestimiento a base de cinc, expuestos a la atmósfera.

ciudad: Barcelona (España) norma de referencia: Fpr EN 1995-1:2025, a partir de ISO 9223



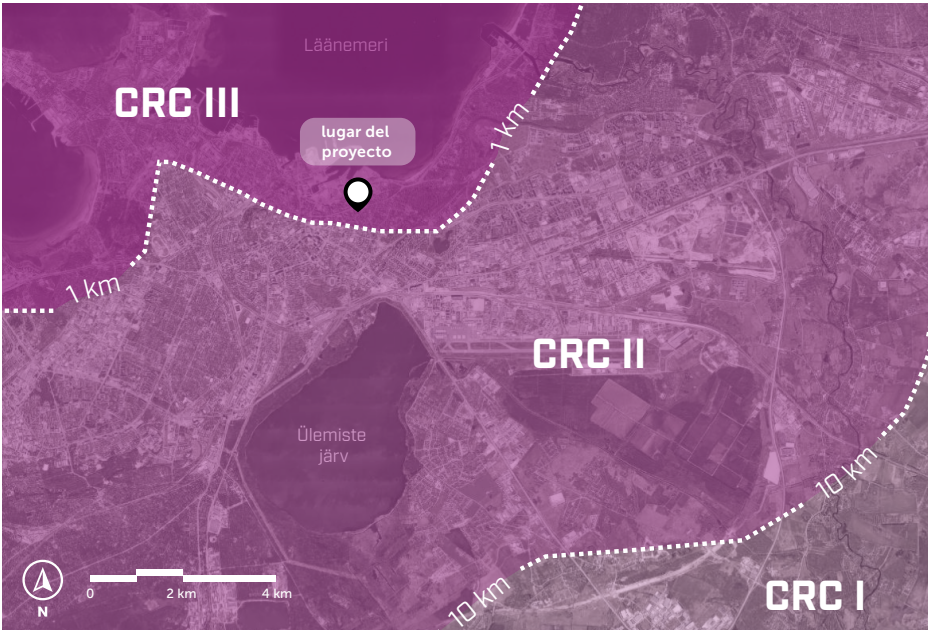
Categoría de corrosividad atmosférica [C _E]	Revestimiento a base de cinc mínimo recomendado [C _R]	ROTHOBLAAS RECOMIENDA	
C2	10 µm	ZnELECTRO PLATED	GALVANIZADO ELECTROLÍTICO Revestimiento formado por una capa de 5 a 12 µm de galvanizado electrolítico con pasivación Cr; estándar para la mayoría de conectores.
C3	55 µm	ORGANIC COATING	REVESTIMIENTO ANTICORROSIÓN ORGÁNICO Revestimiento de base orgánica coloreado que asegura una excelente resistencia a la corrosividad atmosférica y de la madera en aplicaciones en el exterior.
C4	110 µm	C4EVO COATING	REVESTIMIENTO ANTICORROSIÓN C4 EVO Revestimiento multicapa de base inorgánica con una capa funcional externa de aproximadamente 15-20 µm de matriz epoxi con hojuelas de aluminio. Idoneidad para la categoría de corrosividad atmosférica C4 ensayada por el Research Institutes of Sweden - RISE.
C5	n.a.	C5EVO COATING	REVESTIMIENTO ANTICORROSIÓN C5 EVO Revestimiento multicapa capaz de resistir en ambientes exteriores clasificados C5 según ISO 9223. Prueba de corrosión con niebla salina (SST) de más de 3000 horas de duración, realizada en tornillos previamente apretados y aflojados en madera de abeto Douglas.

EJEMPLO DE ZONIFICACIÓN

Elementos metálicos de acero inoxidable, expuestos a la atmósfera.

ciudad: Tallin (Estonia)

norma de referencia: EN 1993-1-4:2024, Annex A



Clase de resistencia a la corrosión mínima [CRC]		Tipo de acero inoxidable mínimo recomendado	ROTHOBLAAS RECOMIENDA	
I		AISI 410	410 AISI	ACERO INOXIDABLE AISI410 Acero inoxidable martensítico. Caracterizado por elevadas propiedades mecánicas. Adecuado para aplicaciones en exteriores (SC3). De entre todos los aceros inoxidables, es el que ofrece unas prestaciones mecánicas más elevadas.
				ACERO INOXIDABLE A2 AISI304 Acero inoxidable austenítico. Es el más común entre los austeníticos. Ofrece un excelente nivel de protección contra la corrosión generalizada.
II		1.4301 A2 AISI 304/305	A2 AISI 304	ACERO INOXIDABLE A2 AISI305 Acero inoxidable austenítico similar al A2 AISI304. La aleación contiene un poco más de carbono que la 304, lo que la hace más maleable durante la producción.
				ACERO INOXIDABLE A4 AISI316 Acero inoxidable austenítico. La presencia de molibdeno le confiere una elevada resistencia a la corrosión generalizada e intersticial.
III		1.4401 A4 AISI 316	A4 AISI 316	
IV		1.4439	-	-

CORROSIÓN DURANTE LA FASE DE OBRA

Cuanto más tiempo una obra permanezca abierta y expuesta a la intemperie, más probable será que los metales de las conexiones se vean sometidos a condiciones ambientales más agresivas que las previstas en la fase de diseño.

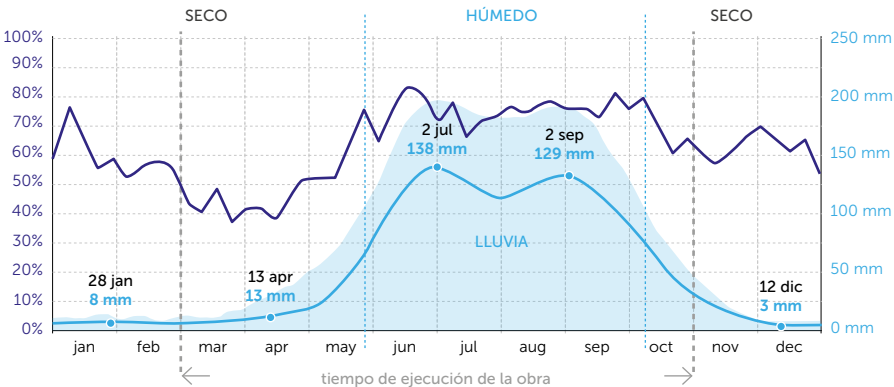
De hecho, las fijaciones suelen diseñarse para unas condiciones de servicio concretas (por ejemplo, **clase de servicio 1 o 2 o dry conditions**). Sin embargo, durante la obra, las conexiones y los elementos estructurales pueden quedar expuestos directamente a la lluvia, la humedad elevada y a ciclos repetidos de mojado y secado. Por este motivo, la corrosión durante la fase de construcción puede ser temporalmente **superior a la prevista en el diseño**.

VENTANA METEOROLÓGICA Y DURACIÓN ESTIMADA DE LA OBRA

En resumen, hay dos factores principales:

- **tiempo de ejecución de la obra**, que indica cuánto tiempo los elementos permanecen expuestos a las condiciones ambientales;
- **ventana meteorológica**, que indica el nivel de humedad y de mojado al que pueden estar expuestos los elementos.

La ventana meteorológica se obtiene sobreponiendo la duración prevista de la obra con los datos climáticos del periodo (lluvia, humedad y probabilidad de fenómenos meteorológicos). Esto permite identificar los periodos más favorables para llevar a cabo los trabajos sensibles a la humedad y evaluar las condiciones de corrosión reales.



Condiciones meteorológicas de Ciudad de México durante el año 2025. Meteoblue Weather Archive, 2026.

Para determinar la **corrosividad de la madera**, los principales parámetros a tener en cuenta son:



cantidad de lluvia (mm): indica la cantidad de agua que puede haber en las superficies y el riesgo de acumulación de agua;



número de días de lluvia: indica la frecuencia de los ciclos de mojado y la posibilidad de que los elementos se sequen entre un evento y el siguiente;



humedad relativa del aire: proporciona una indicación de la tendencia de la madera a mantener un contenido de humedad elevado durante largos periodos y, por lo tanto, de incluirse en una determinada categoría de corrosividad.

En concreto, la ventana meteorológica indica el nivel de humedad al que pueden estar expuestas la madera y las conexiones durante la obra. Esto influye tanto en la **corrosividad atmosférica**, que generalmente se conoce mejor y ya se considera cuando se eligen los materiales, como, sobre todo, en la **corrosividad de la madera**, es decir, en las condiciones de humedad del material que pueden acelerar la corrosión de las fijaciones en su interior.

ELECCIÓN DE LAS MEDIDAS DE PROTECCIÓN EN OBRA

Teniendo en cuenta **la severidad de la ventana meteorológica y la duración de la obra**, es posible elegir las medidas de protección más adecuadas (véase el capítulo "PROTECCIÓN DE OBRA: ELECCIÓN DEL SISTEMA" en la pág. 82).



En la práctica, para **obras de pequeñas y medianas dimensiones** y con **ventanas meteorológicas favorables**, a menudo es suficiente llevar a cabo algunas acciones localizadas.



Las **coberturas temporales de superficie** son cada vez más populares porque ofrecen protección y mayor agilidad durante los trabajos, mientras que las **coberturas laterales** son especialmente útiles en caso de lluvia batiente.



La **cobertura total de la obra** (tenting) representa la solución ideal, pero suele ser costosa y no siempre factible debido a limitaciones de espacio o a las dimensiones del proyecto.



ACCIONES LOCALIZADAS

- encantar las uniones
- fresar los alojamientos de las conexiones para facilitar el drenaje
- cubrir la parte superior de los paneles de las paredes para facilitar el drenaje



ACCIONES DE SUPERFICIE

- aplicar coberturas temporales superiores o laterales (en caso de lluvia batiente por viento)
- aplicar láminas en todo el panel



ACCIONES TOTALES

- prever la cobertura total de la obra (tenting)

\$

coste
bajo



riesgo
alto

\$\$

coste
medio



riesgo
medio

\$\$\$

coste
alto



riesgo
bajo



RIESGO

COSTE \$

duración de la obra y severidad de la ventana meteorológica

El objetivo no es proponer una única solución, sino **evaluar el riesgo** y elegir medidas de protección adecuadas en función de la duración de la obra, las condiciones meteorológicas y la exposición de los elementos. A menudo, la fase de evaluación lleva a adoptar diferentes combinaciones de medidas de protección, que pueden variar a lo largo de la obra.

La elección de la protección según la severidad de ventana meteorológica no solo afecta la corrosividad, sino también el posible impacto de la hinchazón de la madera, que, en algunos casos, puede generar cargas imprevistas significativas.

CORROSIÓN EN OBRA: ESCENARIO TÍPICO

En el pasado, Rothoblaas llevó a cabo una campaña de ensayos para estudiar la evolución de la **corrosión de las fijaciones**, variando:

- las condiciones de exposición (humedad),
- las especies leñosas,
- los materiales y los revestimientos de las fijaciones.

Las muestras se insertaron en la madera y se dejaron en las condiciones de exposición establecidas durante **12 meses**. Para cada configuración, se prepararon **12 muestras**; al final de cada mes, se extraía una para evaluar mensualmente la evolución del fenómeno a lo largo del tiempo.



La **corrosión blanca** afecta a la capa de **galvanizado**. Indica que el revestimiento está reaccionando con el ambiente y desarrolla su función de **protección sacrificial** del acero. Aunque es visible a simple vista, no conlleva una pérdida importante de prestaciones durante vida útil de diseño del edificio.



En cambio, la **corrosión roja** está compuesta por productos de corrosión del **acero al carbono**. Indica que, en ese punto, la capa de zinc se ha desgastado completamente y el acero ha quedado expuesto. Este fenómeno es importante para la durabilidad de la conexión.



Las fijaciones que presenten corrosión roja en la obra deben ser retiradas y sustituidas



La evaluación de la corrosión se llevó a cabo tomando como criterio los primeros signos de corrosión (roja o blanca) visibles a simple vista. Es importante tener en cuenta que los tiempos observados para la aparición de fenómenos de corrosión dependen de las condiciones climáticas durante el ensayo y, concretamente, de las precipitaciones y de la categoría de corrosividad atmosférica (en este caso, C2). Por consiguiente, los valores proporcionados son indicativos y se refieren a este escenario de prueba concreto.



EJEMPLO DE CASO TÍPICO

condiciones de exposición:

SC3

expuesto sin protección

tipo de madera:

T3

abeto

**corrosión blanca**

presencia de manchas blanquecinas, indicativas de la reacción del revestimiento con el ambiente y de su función de protección sacrificial del acero

**corrosión roja**

presencia de manchas rojizas, que demuestran que la capa de zinc en ese punto se ha desgastado completamente y el acero ha quedado expuesto

mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Zn ELECTRO PLATED	-	-										
C4 EVO COATING	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

1 mes

**Zn**
ELECTRO
PLATED

3 meses

**C4**
EVO
COATING**Zn**
ELECTRO
PLATED**C4**
EVO
COATING

11 meses

**Zn**
ELECTRO
PLATED**C4**
EVO
COATING

Los ensayos que se llevaron a cabo en fijaciones de **acero al carbono electrogalvanizado** insertadas en madera de abeto demostraron lo siguiente:

- ausencia de signos de **corrosión blanca** durante aproximadamente **dos meses**;
- ausencia de **corrosión roja** durante aproximadamente **diez meses**.

Por otro lado, las fijaciones con revestimiento **EVO** muestran una durabilidad significativamente mayor, lo que proporciona un importante margen de seguridad en la obra.

Es normal que un revestimiento como el **electrogalvanizado**, diseñado para clases de servicio 1 y 2, muestre signos de corrosión cuando está totalmente expuesto a los agentes atmosféricos, porque durante la fase de obra las condiciones ambientales pueden ser más agresivas que las previstas en servicio.

Estos resultados destacan la importancia de:

- proteger la obra o las conexiones si el pronóstico del tiempo hace prever una exposición prolongada a los agentes atmosféricos;
- elegir materiales o revestimientos de mayor rendimiento cuando la duración de la obra pueda superar la durabilidad prevista del revestimiento.

CORROSIÓN EN OBRA: ESCENARIOS DE ALTA AGRESIVIDAD

En esta serie de ensayos se analizaron diferentes **revestimientos en acero al carbono y acero inoxidable**, en combinación con especies de madera menos comunes, pero igualmente relevantes.

Entre ellas se incluyó la **madera ácida**, como el **roble**, que es un caso bastante agresivo y, por lo tanto, útil como referencia para otras especies ácidas.

También se hicieron ensayos en **madera termotratada y madera acetilada**.

Al igual que en los ensayos anteriores, las muestras se dejaron expuestas durante **12 meses**: cada mes se extrajo un tornillo para evaluar la evolución de la corrosión a lo largo del tiempo.

MADERA ÁCIDA

condiciones de exposición:

SC3

expuesto sin protección

tipo de madera:

T4

roble

corrosión blanca

presencia de manchas blanquecinas, indicativas de la reacción del revestimiento con el ambiente y de su función de protección sacrificial del acero

corrosión roja

presencia de manchas rojizas, que demuestran que la capa de zinc en ese punto se ha desgastado completamente y el acero ha quedado expuesto

mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Zn ELECTRO PLATED	-											
HOT DIP	-											
C4 EVO COATING	-	-										
410 AISI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Los resultados revelaron que, en condiciones de diseño completamente expuestas (SC3/Wet), en general los revestimientos del acero al carbono no son adecuados, mientras que el **acero inoxidable AISI 410 no mostró ningún signo de corrosión** visible durante todo el periodo de prueba.

Durante la fase de obra, se observó una evolución progresiva de la corrosión en los diferentes revestimientos ensayados. El **revestimiento EVO** es una solución adecuada para obras de media duración, con **prestaciones superiores respecto al galvanizado en caliente (HOT-DIP)**.

Para más información sobre los tipos de revestimiento, véase el SMARTBOOK ATORNILLADO.

1 mes

Zn
ELECTRO
PLATEDHOT
DIP

3 meses

Zn
ELECTRO
PLATEDHOT
DIP

11 meses

Zn
ELECTRO
PLATEDHOT
DIP

1 mes

C4
EVO
COATING410
AISI

3 meses

C4
EVO
COATING410
AISI

11 meses

C4
EVO
COATING410
AISI

MADERA TERMOTRATADA

condiciones de exposición: SC3 expuesta sin protección (tornillos parcialmente insertados en la madera)

tipo de madera: T4 madera de tulipanero termotratada (tulipwood)

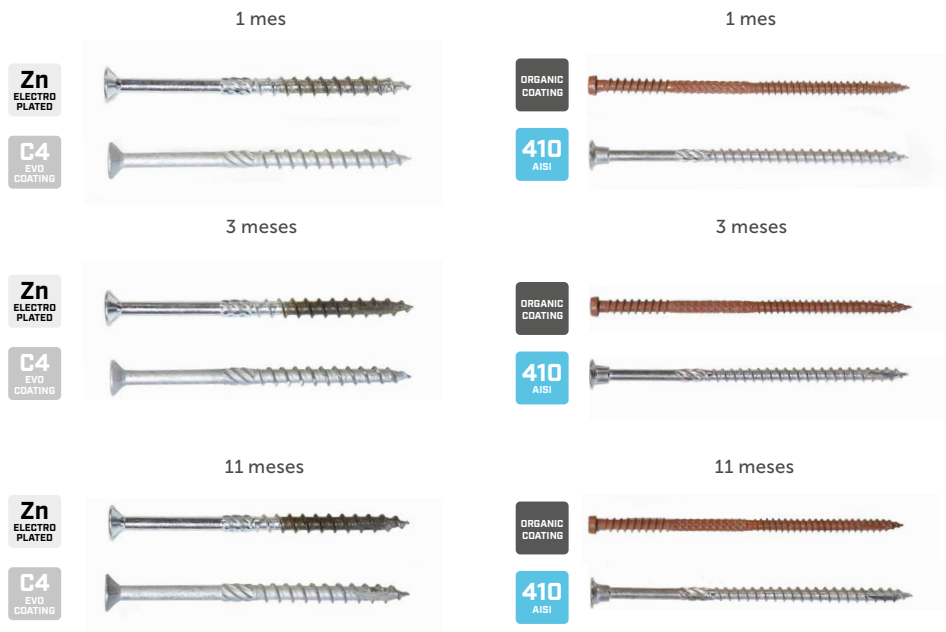
corrosión blanca

 presencia de manchas blanquecinas, indicativas de la reacción del revestimiento con el ambiente y de su función de protección sacrificial del acero

corrosión roja

 presencia de manchas rojizas, que demuestran que la capa de zinc en ese punto se ha desgastado completamente y el acero ha quedado expuesto

mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Zn ELECTRO PLATED	-											
C4 EVO COATING	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ORGANIC COATING	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
410 AISI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



La **madera termotratada** presentó una corrosividad mayor que la madera sin tratar. En el caso del **electrogalvanizado**, la corrosión roja apareció ya en el **tercer mes**. En cambio, el **EVO C4**, el **revestimiento orgánico** y el **AISI 410** no mostraron signos de corrosión durante los **12 meses de ensayo**.

MADERA ACETILADA

corrosión blanca
presencia de manchas blanquecinas, indicativas de la reacción del revestimiento con el ambiente y de su función de protección sacrificial del acero

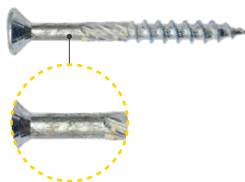
corrosión roja
presencia de manchas rojizas, que demuestran que la capa de zinc en ese punto se ha desgastado completamente y el acero ha quedado expuesto

condiciones de exposición: **SC3** expuesto sin protección

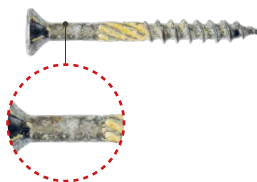
tipo de madera: **T4** acetilada (Accoya)

mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Zn ELECTRO PLATED												

1 mes



3 meses



11 meses



condiciones de exposición: **SC3** expuesta no protegida

tipo de madera: **T4** acetilada (Accoya)

mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Zn ELECTRO PLATED	-											

1 mes



3 meses



11 meses



La **madera acetilada** se considera de categoría de corrosividad **T4** y, en condiciones de servicio, **requiere el uso de acero inoxidable**.

El ensayo fue útil para resaltar la diferencia entre:

- condiciones de exposición completa (**SC3**)
- condiciones de exposición protegida (**SC3 no expuesto**), introducidas en el nuevo Eurocódigo 5

La diferencia fue significativa: en condiciones de exposición completa, la corrosión roja apareció ya en el tercer mes, mientras que en condiciones de exposición protegida no apareció hasta los 12 meses.

CORROSIÓN EN OBRA: ACOPLAMIENTO GALVÁNICO

El acoplamiento galvánico ocurre cuando metales diferentes **entran en contacto en presencia de humedad**. En estas condiciones, la diferencia de potencial desencadena una corriente galvánica que puede provocar corrosión localizada. En ambientes interiores (secos), este fenómeno rara vez es crítico, mientras que en obra y en condiciones de exposición a los agentes atmosféricos puede ser un factor significativo para la durabilidad de la estructura.

Para medir y cuantificar este efecto, Rothoblaas llevó a cabo una campaña de ensayos en colaboración con la Universidad de Trento, utilizando un potencióstato en modo ZRA (amperímetro de resistencia cero) según la norma ASTM G71.

Los ensayos incluyeron diferentes combinaciones de tornillos, arandelas, pies de pilar y conectores LOCK, junto con materiales y revestimientos diferentes.

ENSAYO DE ACOPLAMIENTO GALVÁNICO

corriente galvánica vs. diferencia de potencial con macroacoplamientos de materiales

MATERIALES ENSAYADOS

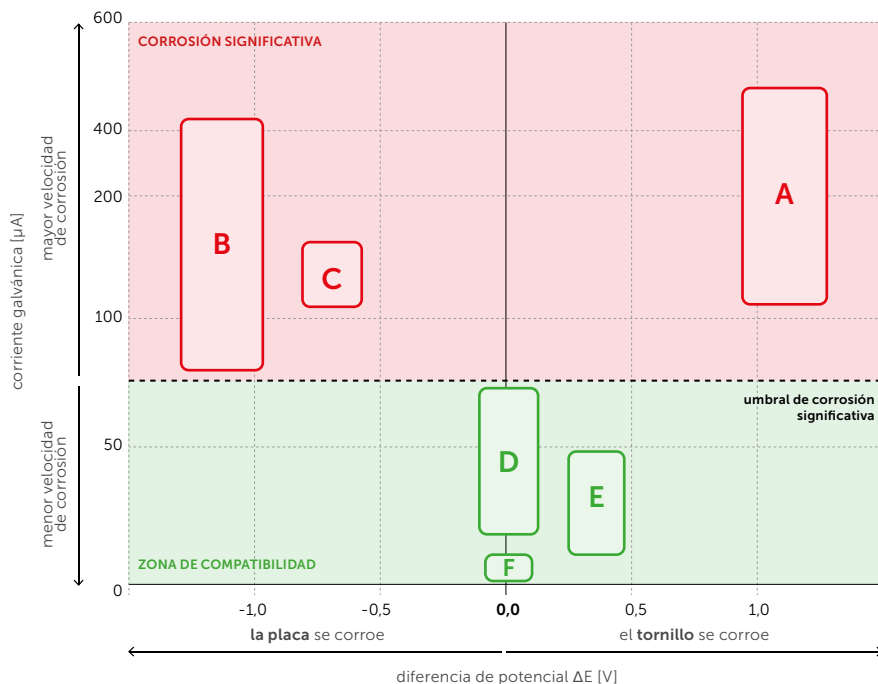
acero al carbono revestido		electrogalvanizado con pasivación al cromo Fe/Zn
		galvanizado en caliente
		revestimiento EVO C4
		revestimiento orgánico DAC COAT
aluminio		aleación de aluminio EN AW-6082
		aleación de aluminio EN AW-6005A
		aleación de aluminio EN AW-6005A + pintado EVO
acero inoxidable		acero inoxidable martensítico AISI 410
		acero inoxidable austenítico A2 / AISI 304
		acero inoxidable austenítico A4 / AISI 316
		acero inoxidable superaustenítico HCR A8 A8 / AL-6XN

En el gráfico:

- el **eje horizontal** representa la diferencia de potencial entre los dos metales e indica tanto lo diferentes que son electroquímicamente como cuál de los dos tiende a corroerse;
- el **eje vertical** representa la intensidad de la corriente galvánica. Los valores más altos corresponden a una mayor corrosión; cada rectángulo de color representa el conjunto de resultados para una combinación específica de materiales. Cuanto mayor sea su desarrollo en el eje vertical, mayor será el efecto dimensional observado en los ensayos, obtenidos ensayando los mismos materiales con elementos de diferentes tamaños, desde arandelas de aproximadamente 30 mm de diámetro hasta bases de pies de pilar de aproximadamente 200 cm².

Para más información, véase el informe técnico completo disponible en el sitio web www.rothoblaas.es





ACOPLAMIENTOS

- (A)** tornillo Zn / EVO + placa de acero inoxidable
→ corroe el tornillo
 $\Delta E \approx +0,9 V \cdot 129-513 \mu A$
tornillo de acero inoxidable + placa Zn / EVO / HDG / Dac-coat
→ corroe la placa
 $\Delta E \approx 0,4-0,9 V \cdot 61-447 \mu A$
- (B)** tornillo de acero inoxidable + placa Al (LOCK)
→ corroe el aluminio
 $\Delta E \approx -0,6 V \cdot 110-122 \mu A$

- (D)** tornillo Zn / EVO + placa HDG
→ compatibilidad cerca del umbral
 $\Delta E \approx -0,03 V \cdot 10-60 \mu A$
- (E)** tornillo Zn / EVO + placa Al
→ corrosión insignificante en Zn
 $\Delta E \approx -0,3 V \cdot 10-50 \mu A$
- (F)** otros acoplamientos entre materiales similares
EVO-Zn, INOX-INOX, EVO/Zn-Dac-coat
 $\Delta E \approx 0 V \cdot i < 50 \mu A$

Altura de los rectángulos: variabilidad dimensional del cátodo (arandela $\varnothing$ ~30 mm → placa ~200 cm²).

Método: potencióstato en modo ZRA — ASTM G71

RESULTADOS PRINCIPALES

Las mediciones de corriente galvánica (ZRA) muestran:

- ⚠ **diferencia de potencial significativa** entre los **revestimientos a base de zinc** (electro galvanizado, EVO) y los **aceros inoxidables**;
- diferencia de potencial importante también entre el **aluminio sin revestimiento (LOCK)** y los **aceros inoxidables (AISI 410)**.

Por el contrario, las mediciones demuestran:

- ✅ **diferencia de potencial casi nula** entre **revestimientos a base de zinc** diferentes (por ejemplo, EVO vs. electro galvanizado);
- diferencia de potencial casi nula también entre **aceros inoxidables** diferentes (por ejemplo, AISI 410 y AISI 316);
- en los acoplamientos entre **revestimientos a base de zinc** (electro galvanizado o EVO) y **aluminio**, o entre electro galvanizado y galvanizado en caliente, los fenómenos corrosivos observados no son de una intensidad suficiente como para comprometer los acoplamientos, que, por lo tanto, pueden considerar aceptables.

TABLA DE COMPATIBILIDAD PRÁCTICA

LEYENDA

- acoplamiento posible
- acoplamiento con corrosión limitada
- acoplamiento no posible
El elemento anódico (zinc) sufre una corrosión importante.

		arandela/placa							
		Zn ELECTRO PLATED	C4 EVO COATING	HOT DIP	DAC COAT	alu	alu EVO	A2 AISI 304	A4 AISI 316
tornillo	Zn ELECTRO PLATED	●	●	●	●	●	●		●
	C4 EVO COATING	●	●	●	●	●	●		●
	410 AISI	●	●	●	●	● (*)	● (*)		●
	A2 AISI 304 A4 AISI 316	●	●	●	●	● (*)	● (*)		●

NOTA: las indicaciones de la tabla son válidas siempre que se cumplan las condiciones de exposición previstas para cada material/revestimiento. Para más información, véase el SMARTBOOK ATORNILLADO.

(*) Véase el siguiente apartado "MADERA Y ACOPLAMIENTO GALVÁNICO".

MADERA Y ACOPLAMIENTO GALVÁNICO

En el caso de conexiones ubicadas en el exterior, pero insertadas en uniones protegidas y selladas **adecuadamente para impedir el paso de agua libre** o el contacto con agentes atmosféricos, la madera circundante también puede ejercer un efecto protector contra la corrosión galvánica. En estas condiciones, es suficiente que los materiales acoplados sean compatibles con la corrosividad tanto de la madera como de la atmósfera de exposición. En estas circunstancias, tras una evaluación técnica realizada con ayuda de Rothoblaas, se puede considerar el uso de acoplamientos que normalmente no se recomiendan (por ejemplo, aluminio con acero inoxidable).

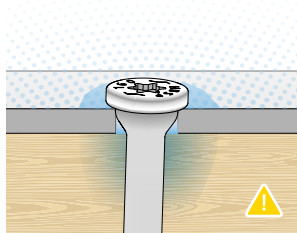


CORROSIÓN EN OBRA: FRAGILIZACIÓN POR HIDRÓGENO

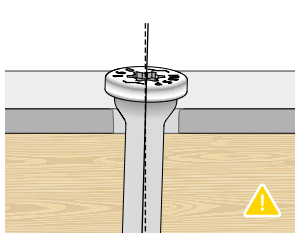
En determinadas condiciones, la corrosión puede estar asociada a un fenómeno más complejo, conocido como fragilización por hidrógeno, que puede provocar la formación y propagación de microfisuras en el acero hasta producirse una rotura frágil de la fijación bajo carga.



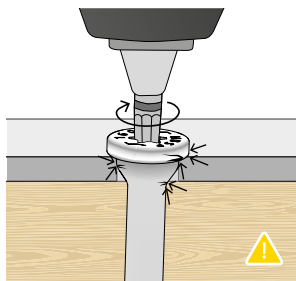
Para que este fenómeno se desencadene, en general es necesario que se presenten **simultáneamente** las siguientes condiciones:



Presencia de humedad, que activa el ambiente corrosivo de la madera y puede favorecer el acoplamiento galvánico entre materiales diferentes.



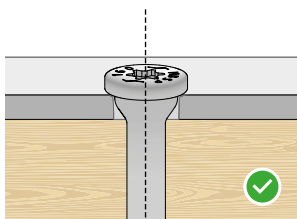
Daños o discontinuidades del revestimiento que pueden ocurrir durante la instalación.



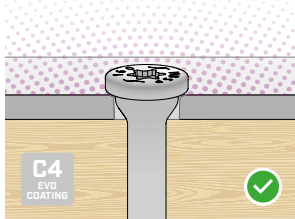
Presencia de tensiones en la fijación, debidas a la carga o, más a menudo, a condiciones de instalación no adecuadas.



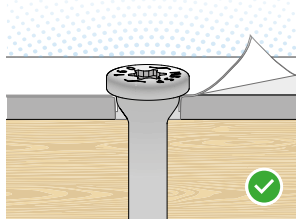
La prevención de este fenómeno se basa en la **combinación de varias medidas**. Entre las más relevantes:



Correcta instalación, que reduce el riesgo de daños en el revestimiento y de generación de tensiones no deseadas en la fijación.



Selección de materiales o revestimientos adecuados para la corrosión prevista en las condiciones de servicio y de obra.

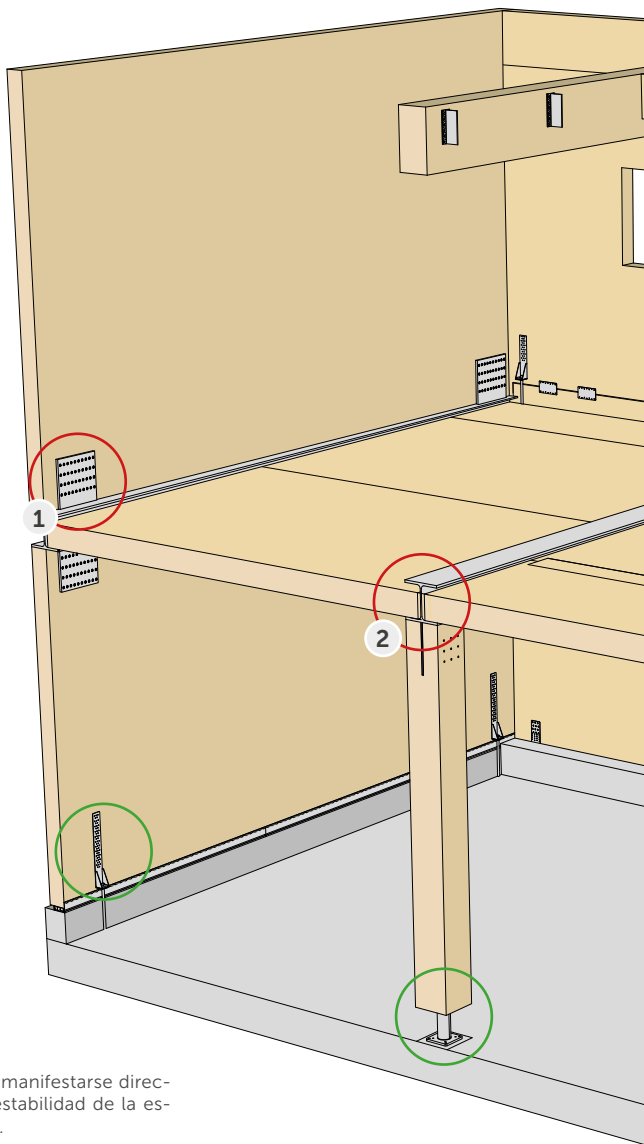


Protección contra la humedad, gestionando correctamente la obra y protegiendo temporalmente las conexiones contra el agua.

Para más información sobre las roturas prematuras y el papel de la fragilización por hidrógeno en las fijaciones para la madera, consulte el libro blanco "Premature Failure in Timber Screws: Insights into Hydrogen Embrittlement and Stress-Driven Risk".



CONEXIONES CRÍTICAS: IDENTIFICACIÓN Y COMPROBACIÓN

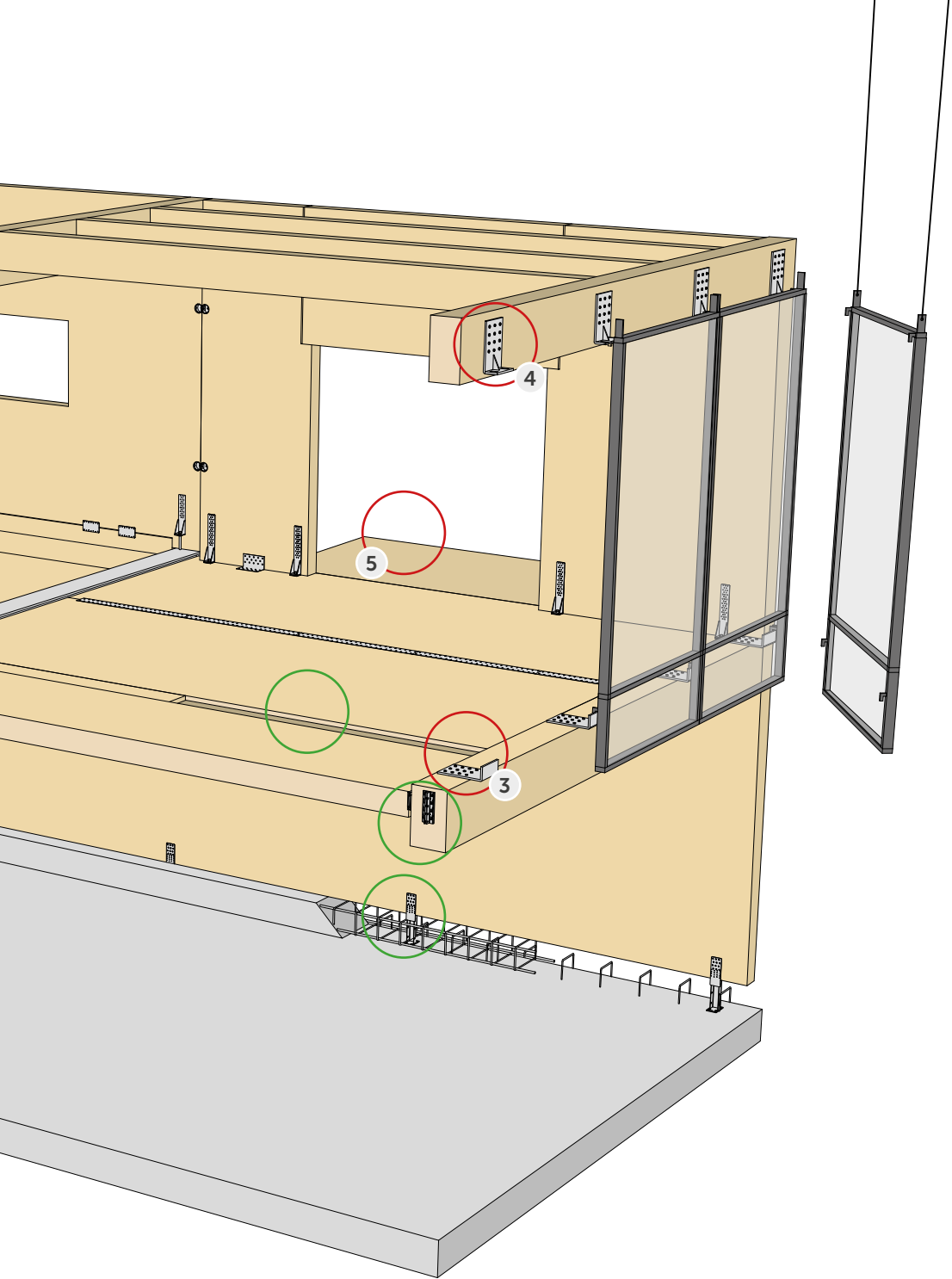


○ RIESGO EN OBRA

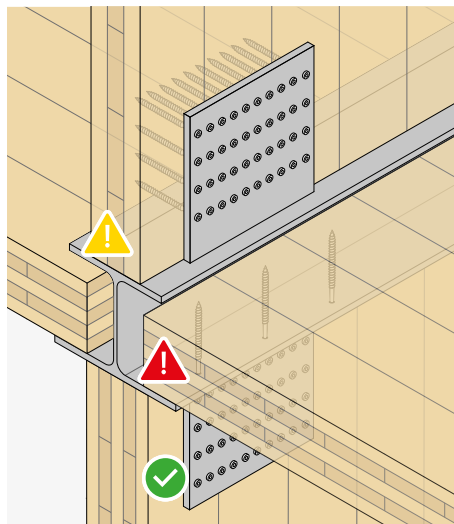
Riesgos potenciales cuyos efectos pueden manifestarse directamente en obra, poniendo en peligro la estabilidad de la estructura y de quienes trabajan en su interior.

○ RIESGO DE DISEÑO A LARGO PLAZO

Riesgos potenciales debidos a un diseño incorrecto; se examinan detalladamente en los distintos capítulos de este smart-book. Los problemas asociados, si no se gestionan o mitigan adecuadamente, pueden afectar la durabilidad de la construcción a largo plazo.



1. CONEXIONES MADERA-ACERO EN ZONAS CON POSIBLES ESTANCAMIENTOS



RIESGO BAJO

Conexión con una placa gruesa, potencialmente sensible a errores en la instalación de los tornillos. En cualquier caso, esta condición está caracterizada por un bajo riesgo de exposición a los agentes atmosféricos y por la ausencia de acumulación de agua.



RIESGO MEDIO

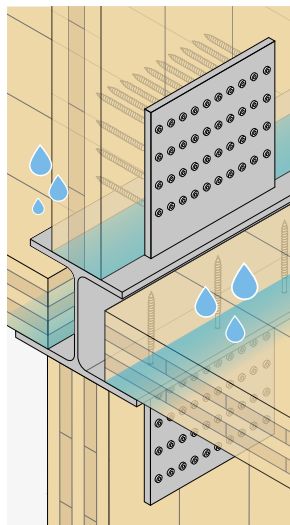
Conexión con placa de acero potencialmente expuesta al agua durante la obra. La configuración vertical favorece el drenaje, pero no excluye posibles acumulaciones de agua en la interfaz pared-viga.



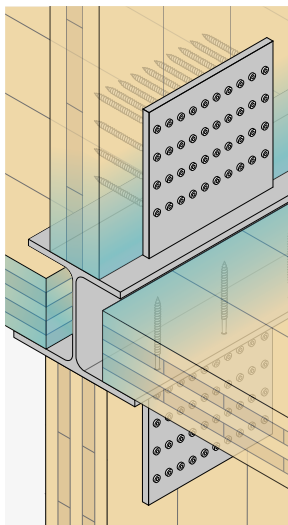
RIESGO ALTO

Conexión con placa de acero gruesa en una zona de acumulación y acumulación de agua.

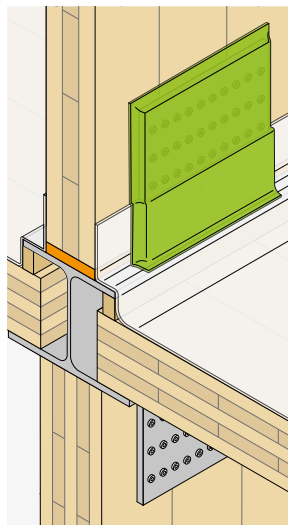
RIESGO DE FILTRACIONES EN OBRA



Durante la obra, la lluvia puede provocar filtraciones de agua en la parte superior de los paneles de CLT.

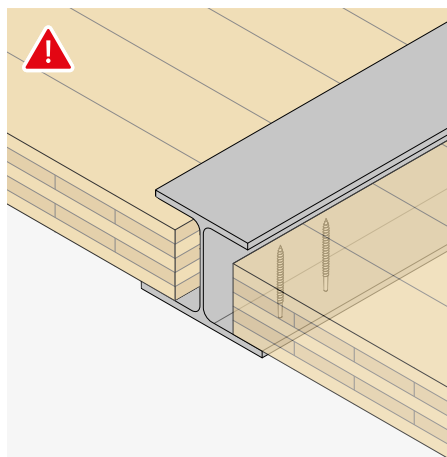


En presencia de encharcamientos, la madera absorbe rápidamente el agua, lo que provoca su hinchazón y la corrosión de los elementos metálicos.

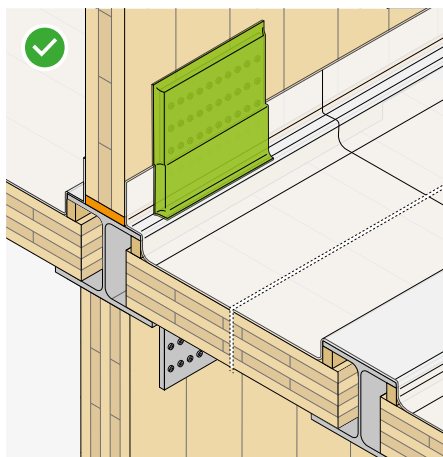


El uso de perfiles acústicos debajo de la pared separa la madera del agua y evita una absorción excesiva. Se recomienda aplicarlos hasta 30 cm por encima del nivel del forjado y cubrir los elementos y las uniones.

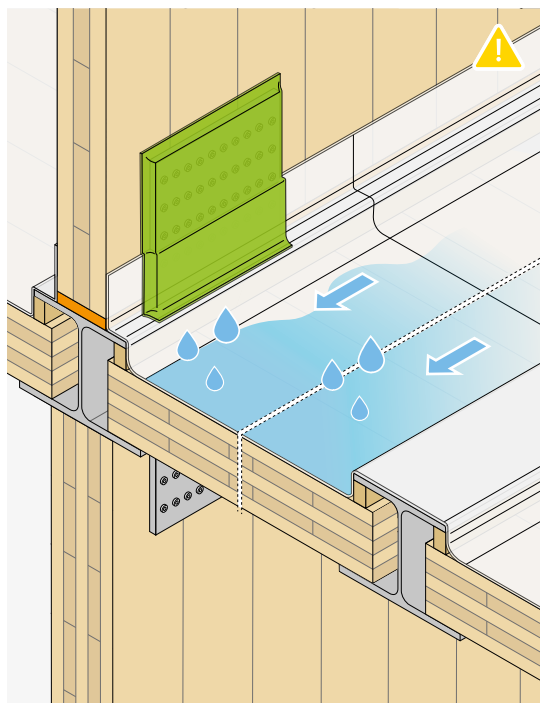
2. ACUMULACIÓN Y ESTANCAMIENTO DE AGUA EN OBRA



Conexión de riesgo alto: placa de acero gruesa en una zona de acumulación y estancamiento de agua.



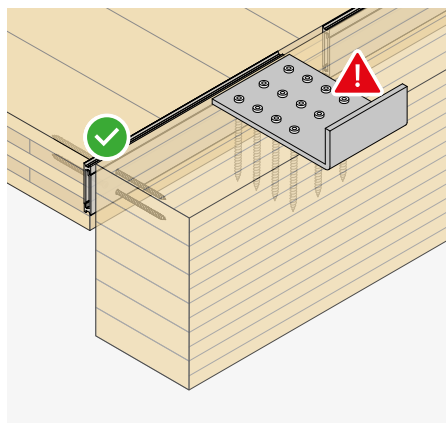
Protección temporal de la obra, que sella las partes más sensibles.



Durante las fases de obra, la lámina de protección temporal suele estar sometida a fuertes sollicitaciones, como el arrastre de los paneles o el pisoteo accidental de clavos o tornillos. Las láminas están diseñadas para soportar las condiciones operativas, pero aun así, a largo plazo pueden dañarse.

Una vez impermeabilizada la superficie del forjado, prever la evacuación del agua, preferiblemente hacia el exterior y lejos de las estructuras de madera.

3. CONEXIONES MADERA-ACERO EN ZONAS PERIMETRALES DEL EDIFICIO



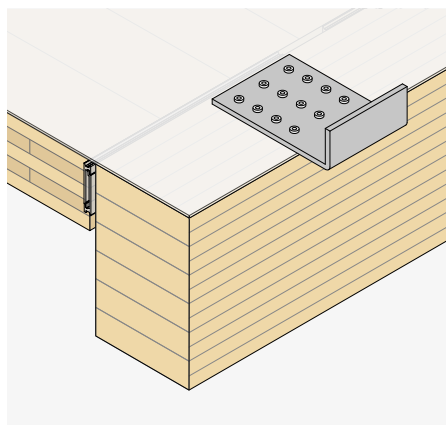
RIESGO BAJO

Si la conexión es puntual, el agua puede drenar rápidamente. Si la conexión es continua, como en el caso de **LOCK FLOOR**, hay que prever puntos de drenaje separando los perfiles.

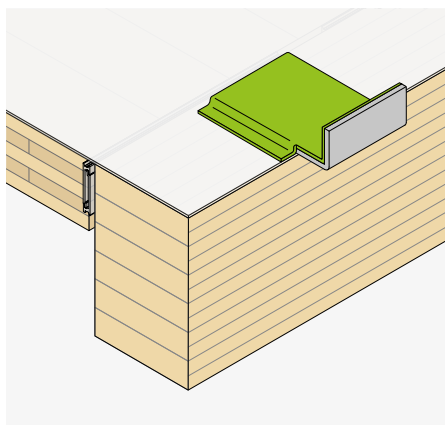


RIESGO ALTO

Conexión con placa de acero gruesa en una zona de acumulación y acumulación de agua. Las placas de la fachada, situadas en el perímetro del edificio, se encuentran entre los puntos más expuestos al agua durante la obra.



Insertar una lámina entre la placa y la madera. Rothoblaas recomienda **DEFENSE ADHESIVE**.



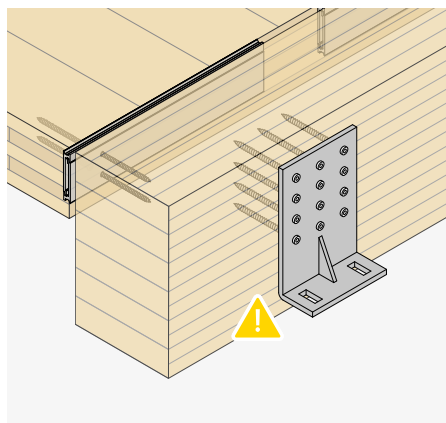
Cobertura de la placa con un elemento impermeable. La conexión está ubicada en el perímetro del edificio y requiere una protección esmerada.



Las cámaras de ventilación pueden crear un efecto chimenea y, en caso de incendio, acelerar la propagación de las llamas. Por ello, se aconseja utilizar productos con clase de reacción al fuego superior a la estándar, en concreto, productos de clase B-s1, d0 (EN 13501) o superior.

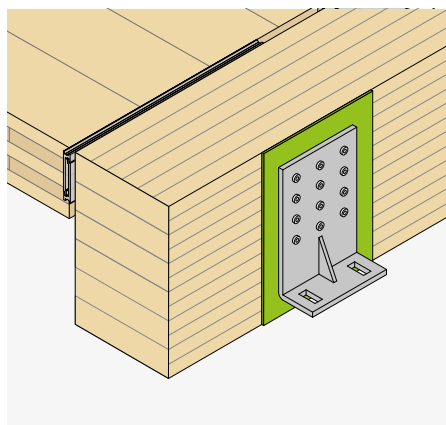
Más información en el capítulo "EVALUACIÓN DEL ELEMENTO CONSTRUCTIVO Y DE LOS PUNTOS CRÍTICOS" en la pág. 72

4. CONEXIONES MADERA-ACERO EN ZONAS PERIMETRALES DEL EDIFICIO

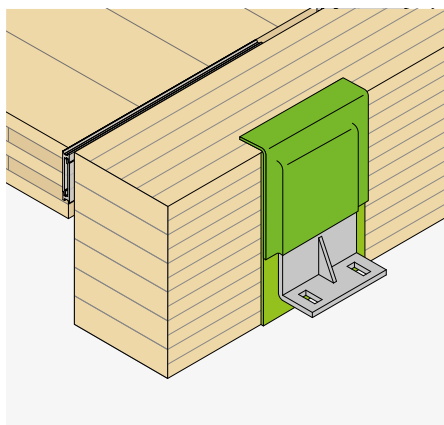


RIESGO MEDIO

La conexión puntual en vertical es menos sensible al estancamiento y el agua puede evacuarse rápidamente y la madera, secarse. Sin embargo, la placa de acero gruesa sigue siendo una zona más expuesta al agua y requiere medidas de protección adecuadas.



Insertar una lámina entre la placa y la madera.



Cubrir la unión superior con cinta para evitar filtraciones de agua.

ROTHOBLAAS RECOMIENDA

DEFENCE ADHESIVE

LÁMINA AUTOADHESIVA
PROTECTORA
PARA ELEMENTOS
CONSTRUCTIVOS



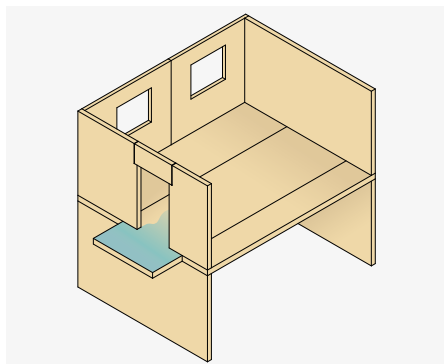
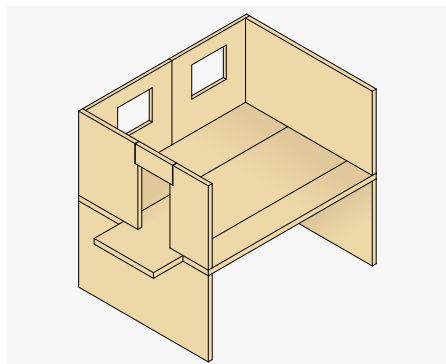
INVISI BAND

CINTA MONOADHESIVA
TRANSPARENTE SIN LINER,
RESISTENTE A LOS RAYOS UV
Y A LAS ALTAS TEMPERATURAS

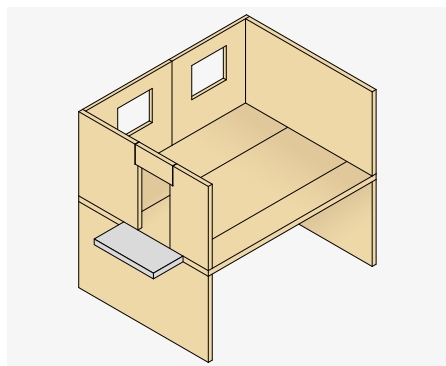


5. RIESGOS ASOCIADOS A BALCONES EN ESTRUCTURAS DE MADERA

El nudo balcón es un elemento crítico que debe garantizar tanto la estabilidad como la **durabilidad** en el tiempo.



Cuando el panel de CLT es continuo con el balcón, no hay conexiones estructurales en la superficie. Esta configuración reduce los riesgos asociados a los detalles de conexión complejos, pero aumenta la vulnerabilidad a las filtraciones de agua. Cuando hay filtraciones, el agua puede propagarse desde el exterior hacia el interior del edificio gracias a la continuidad estructural entre las dos zonas. Por lo tanto, cualquier degradación o podredumbre puede comprometer no solo el balcón, sino también el forjado interior. Por este motivo, el elemento de madera se debe diseñar y construir con un nivel de impermeabilización equivalente al previsto para las cubiertas planas y las terrazas.



Cuando no hay continuidad entre el balcón y el forjado de CLT, es necesario evaluar atentamente el material y la solución constructiva adoptada para crear el voladizo. La inserción del voladizo mediante encastre o conexión, comporta el uso de elementos estructurales metálicos, que, a menudo, se caracterizan por tener un espesor considerable. Estos elementos constituyen puntos potencialmente críticos: al encontrarse en el perímetro exterior del edificio, están expuestos al agua. Es necesario adoptar medidas específicas de protección y tratamiento para garantizar la durabilidad del sistema.

ROTHOBLAAS RECOMIENDA

BYTUM BASE 2500

LÁMINA BITUMINOSA
AUTOADHESIVA

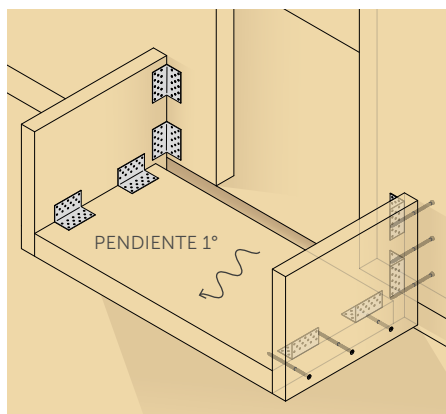


Más información en el capítulo "ESCORRENTÍA Y DESVÍO DE LAS AGUAS METEÓRICAS" en la pág. 156

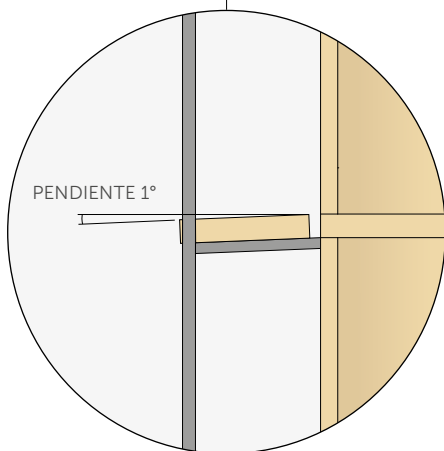
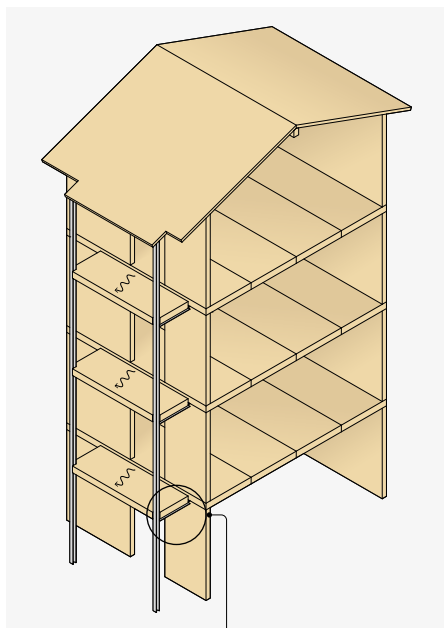
La exposición de la madera a la humedad reduce significativamente su durabilidad en el tiempo. Para elementos exteriores, como los balcones, es oportuno proporcionar sistemas de construcción y conexiones que permitan un fácil desmontaje en caso de filtraciones.

Se recomienda adoptar estructuras externas que se puedan sustituir sin intervenir en la estructura principal del edificio. Un ejemplo son los balcones exteriores sostenidos por pilares independientes, que permiten desmontar el balcón sin afectar al forjado interior ni a otros elementos estructurales.

Hay varias soluciones para fijar las estructuras externas de manera que sean fáciles de desmontar. Entre estas, las barandas laterales pueden utilizarse como elementos estructurales, trabajando como vigas empujadas en la fachada mediante angulares certificados, capaces de absorber las acciones de corte y tracción. Se trata de un uso alternativo, pero conforme y certificado, de nuestros **ANGULARES** o de los sistemas **HOLD DOWN**, que permite realizar estructuras eficientes y reversibles, compatibles con los requisitos de durabilidad y facilidad de mantenimiento.



Ejemplo: angular **TITAN S** con alta resistencia a la tracción. La combinación de una placa delgada con un tornillo de gran diámetro reduce las fuerzas debidas a la hinchazón de la madera. Solución fácilmente desmontable.



La separación entre la estructura del balcón y la del edificio permite insertar una capa de aislamiento térmico, lo que ayuda a reducir el puente térmico. Esta separación también mejora la durabilidad: si hay filtraciones, el agua no llega a la estructura interna, con lo cual se limitan los daños a los elementos portantes.

DETALLES CONSTRUCTIVOS DE LA CONEXIÓN PARA GESTIONAR EL AGUA Y LA HUMEDAD

Los principios de durabilidad, analizados en el capítulo “FIJACIÓN AL SUELO: DISEÑO DEL NUDO” (pág. 130), también se aplican a los detalles de la conexión. La gestión del riesgo se basa en cuatro aspectos fundamentales:

- protección superficial de los elementos
- protección y sellado de la unión
- correcta gestión del drenaje de agua (evitar estancamientos)
- ventilación adecuada

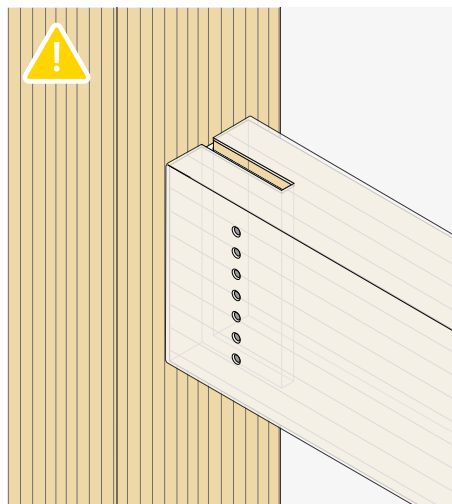
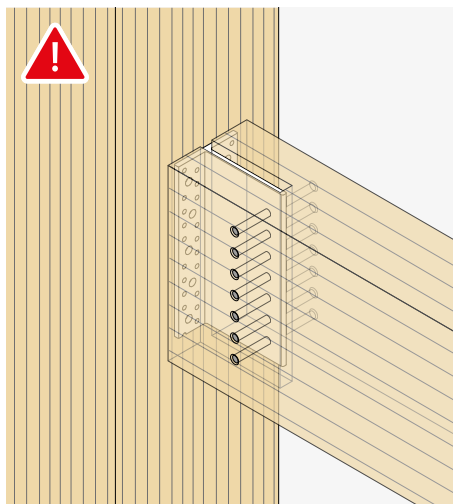
EVALUACIÓN DEL RIESGO			
		NIVEL DE PROTECCIÓN	EFFECTO
 riesgo muy bajo  riesgo bajo  riesgo medio  riesgo alto	protección completa con sellado de agujeros y uniones, con gestión del drenaje en los puntos críticos		elementos completamente protegidos contra filtraciones y encharcamientos
	elementos protegidos en la mayor parte de su superficie, con gestión del drenaje en los puntos críticos		elementos protegidos solo cerca de puntos críticos, riesgo limitado de filtraciones
	protección parcial de los elementos de madera, conectores expuestos sin gestión de drenaje en los puntos críticos		elementos parcialmente protegidos, con posibles filtraciones de agua
	ninguna protección		elementos no protegidos

La evaluación del nivel de riesgo también depende de factores como la duración de la obra, la ubicación geográfica, la proximidad a ambientes agresivos y el contenido de humedad de los elementos de madera, sobre todo en presencia de procesos de secado. Es responsabilidad del proyectista determinar si el riesgo es aceptable.

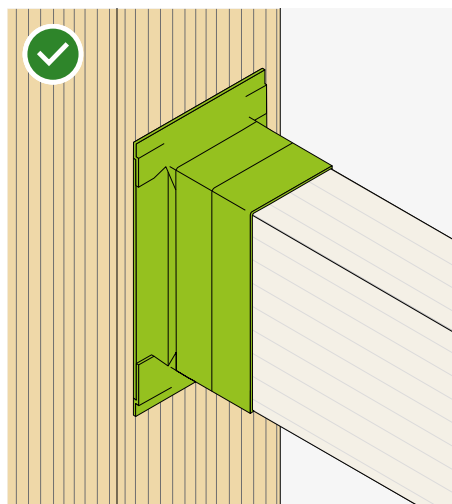
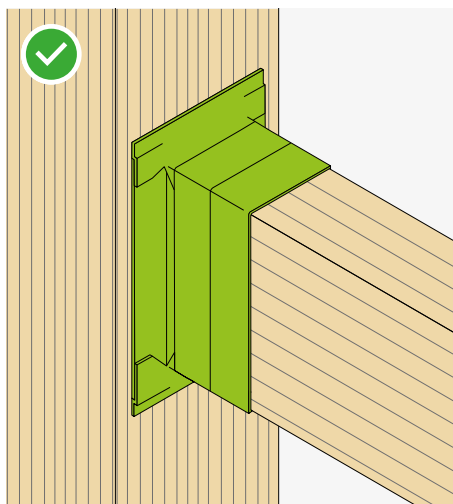
Más información en el capítulo “CONDICIONES CORROSIVAS EN OBRA” en la pág. 18

UNIÓN DE HOJA INTERNA

Aunque un fresado pasante facilita el drenaje del agua y el revestimiento de la cabeza limita su absorción en el punto más crítico, la conexión permanece parcialmente expuesta, con el riesgo de que se desencadenen fenómenos corrosivos en los elementos metálicos. Es habitual cubrir la viga de madera con una lámina protectora; sin embargo, tras el montaje viga-conexión, quedarán agujeros de abertura en la lámina: en el extradós de la viga y en los puntos en los que se han instalado los pasadores.

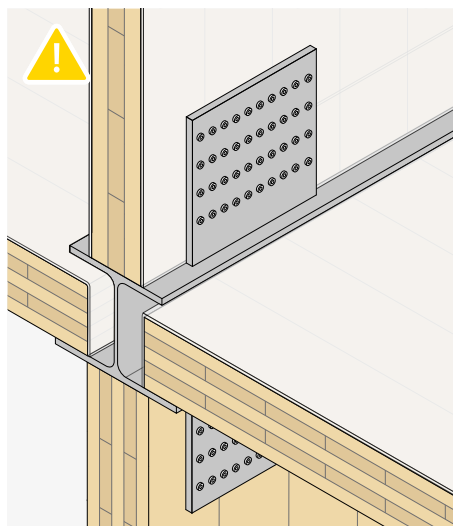
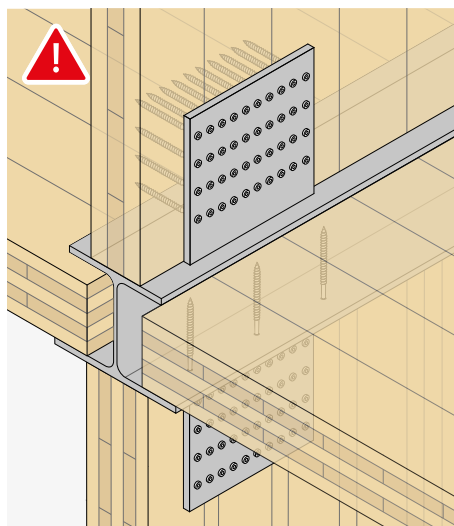


El sellado completo de la parte adyacente al fresado mediante encintado evita la absorción de humedad por parte de la madera, lo que contribuye a la durabilidad de la conexión. Además, la aplicación de una lámina para proteger la viga limita la absorción de agua durante las fases de transporte y almacenamiento de los elementos estructurales de madera.

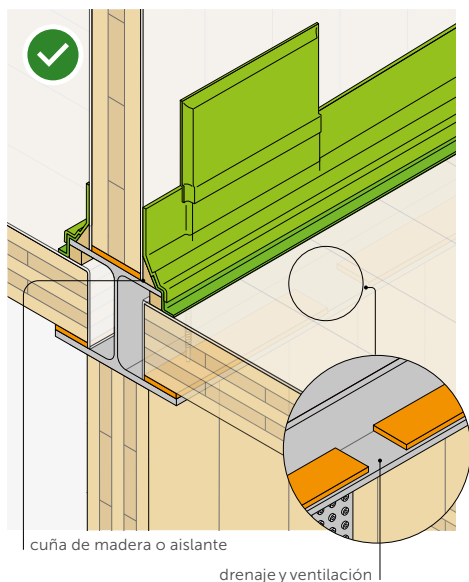
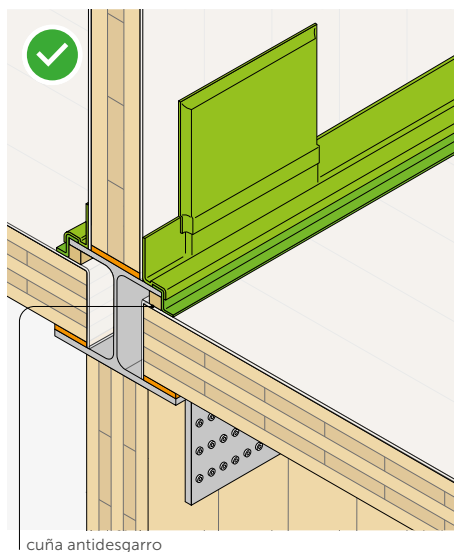


CONEXIÓN VIGA IPE-ELEMENTO DE CLT

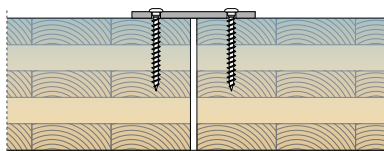
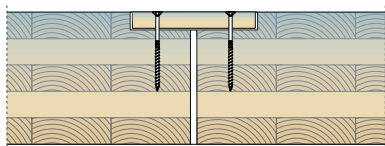
El uso de encintados y/o láminas reduce significativamente la absorción de agua. Las uniones deben tener una superposición adecuada y evitar puntos de estrés en la lámina.



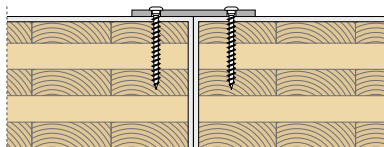
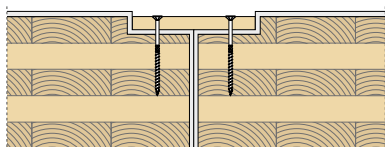
Es importante facilitar el drenaje del agua de los puntos críticos para evitar la acumulación de agua en caso de filtraciones puntuales. Por ejemplo, se pueden prever pendientes y espesores para crear vías de drenaje, que también funcionen como zonas de ventilación para el secado.



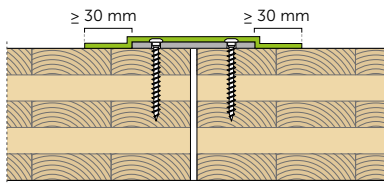
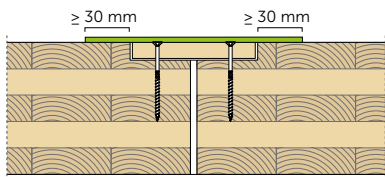
JUNTAS LINEALES



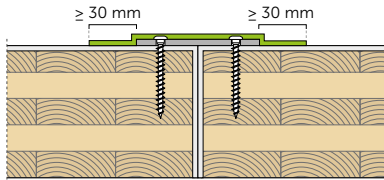
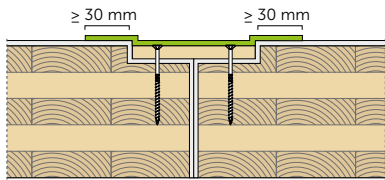
Es necesario evitar la acumulación de agua, especialmente en geometrías que favorecen su acumulación. Dejar la conexión expuesta comporta la corrosión de los conectores metálicos y la hinchazón de la madera, lo que reduce la durabilidad de la unión.



Solo con usar láminas **se limitan las filtraciones de agua** por capilaridad, se reduce el riesgo de hinchazones localizadas y se mejora la durabilidad de los elementos de madera. Sin embargo, siguen siendo posibles los fenómenos de estancamiento y el riesgo de perforaciones puntuales de la lámina, lo que puede comprometer su eficacia.



El uso de láminas y/o encintados para sellar las uniones reduce de manera significativa la **filtración de agua en las ranuras** entre los paneles acoplados. Sin embargo, siguen existiendo problemas relacionados con la exposición, incluso parcial, de los elementos y el riesgo de perforaciones puntuales de las láminas. La protección localizada del área de conexión limita el riesgo de corrosión y los efectos debidos a las hinchazones localizadas, pero no elimina los problemas de durabilidad de la madera, ni los efectos de la hinchazón no uniforme a mayor escala.



Las láminas y los encintados, aplicados tanto a los elementos de madera como a las conexiones, garantizan una alta protección de la unión. La protección debe ser continua y empalmada en los puntos de conexión, prestando atención al estancamiento del agua y a las perforaciones localizadas debidas a los conectores.

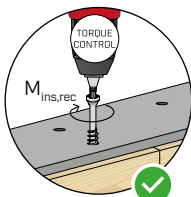
INSTALACIÓN E INSPECCIÓN DE LOS SISTEMAS DE FIJACIÓN

PAR DE INSTALACIÓN ADECUADO

Durante la instalación, es necesario regular el par de apriete de manera que se supere el momento de inserción requerido para la penetración en la madera.

La instalación debe interrumpirse apenas la cabeza toque el elemento metálico o se haya insertado completamente en la madera.

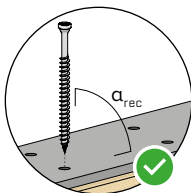
Un apriete mayor no mejora la seguridad de la conexión. Por el contrario, aumenta el riesgo de daños o de roturas.



ÁNGULO DE INSERCIÓN CORRECTO

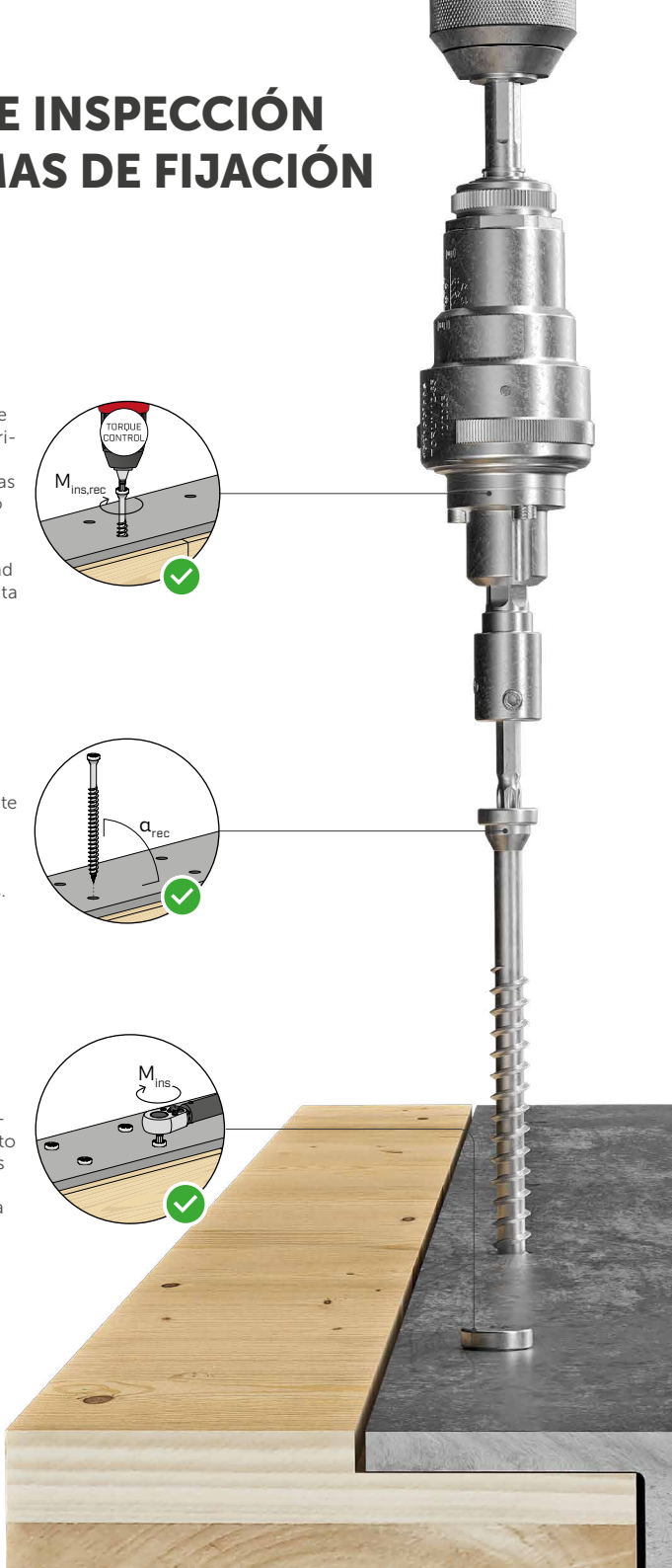
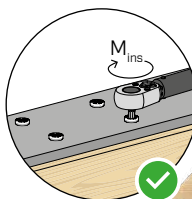
El conector solo funciona correctamente si se respeta el ángulo de instalación previsto.

El control es especialmente importante en las conexiones con placas metálicas.



DISTRIBUCIÓN UNIFORME DE LAS SOLICITACIONES

Para evitar que algunos tornillos estén más apretados que otros y para garantizar el correcto "efecto de grupo" previsto por los modelos de cálculo, los tornillos deben apretarse con un par lo más uniforme posible, siguiendo una secuencia de instalación adecuada



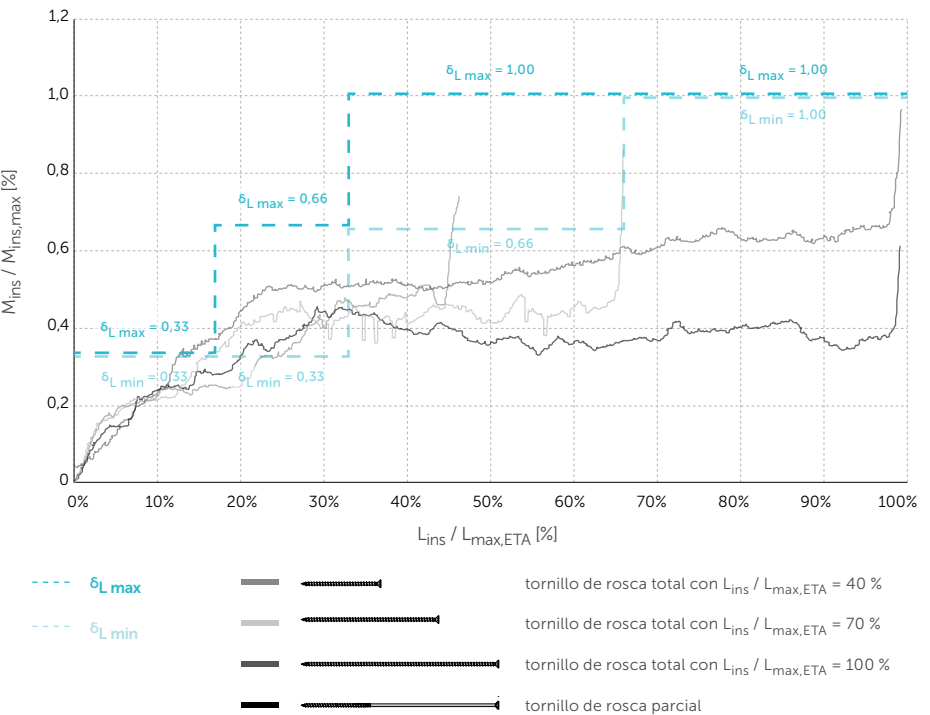
APRIETE

MOMENTO DE INSERCIÓN ACONSEJADO

El momento necesario para instalar un tornillo depende del tipo y del tamaño del conector y de las características del soporte.
Para garantizar una instalación correcta, el par de apriete utilizado debe ser el adecuado a las condiciones de aplicación y controlarse mediante un equipo adecuado.

En las mismas condiciones de instalación, el par requerido para la inserción puede variar.
Por lo tanto, es necesario tomar como referencia un intervalo de par de instalación dentro del cual se garantice la eficacia del atornillado sin comprometer las prestaciones de la conexión.
El rango de **valores para el momento de inserción recomendado** deberá evaluarse en función de la longitud real de inserción (L_{ins}).

Tendencia del momento de inserción para diferentes tornillos y diferentes longitudes de inserción:



$L_{ins} / L_{max,ETA}$	< 17%	17% - 33%	33% - 66%	> 66%
$\delta_{L\ min}$	0,33	0,33	0,66	1,00
$\delta_{L\ max}$	0,33	0,66	1,00	1,00

Esta diferenciación es fundamental para los tornillos de rosca total; en el caso de tornillos de rosca parcial, se supone siempre que $\delta_L = 1,00$.

PAR DE INSTALACIÓN RECOMENDADO ($M_{ins, rec}$)

Rothoblaas, fabricante de fijaciones de altas prestaciones, indica, para cada tipo y diámetro de tornillo y para cada longitud de inserción, el rango de **par de instalación recomendado** ($M_{ins, rec, min}$ y $M_{ins, rec, max}$).

Se recomienda interrumpir la inserción del tornillo en cuanto la cabeza toque la placa metálica en el caso de conexiones acero-madera, o cuando la superficie superior de la cabeza sea coplanar con la del elemento de madera (salvo requisitos geométricos específicos, como, por ejemplo, el embutido de la cabeza en la madera).

TORNILLOS DE ACERO AL CARBONO (electrogalvanizados y con revestimiento EVO)

	d	L	$M_{ins, rec, min}$	$M_{ins, rec, max}$	d	L	$M_{ins, rec, min}$	$M_{ins, rec, max}$
	[mm]	[mm]	[Nm]	[Nm]	[in]	[in]	[ft-lbs]	[ft-lbs]
HBS PLATE	8	≤ 100	8	12	0.32	≤ 4"	5	8
		> 100	10	20		> 4"	7	14
	10	≤ 120	10	20	0.40	≤ 4 3/4"	7	14
		> 120	15	30		> 4 3/4"	11	22
	12	≤ 140	20	30	0.48	≤ 5 1/2"	14	22
		> 140	25	40		> 5 1/2"	18	29
VGS PLATE	11	≤ 160	12	25	0.44	≤ 6 1/4"	8	18
		> 160	20	30		> 6 1/4"	14	22
LBS HARDWOOD ^(*)	5	≤ 120	3	5	0.20	≤ 4 3/4"	2	3
	7	≤ 100	4	10	0.28	≤ 4"	2	7
		> 100	8	12		> 4"	5	8
VGS VGZ	7	< 160	4	10	0.28	< 6 1/4"	2	7
		160 - 280	8	12		6 1/4" - 11"	5	8
		> 280	12	12		> 11"	8	8
	9	< 200	7	13	0.36	< 8"	5	9
		200 - 360	10	20		8" - 14 1/4"	7	14
		> 360	20	20		> 14 1/4"	14	14
	11	≤ 350	13	26	0.44	≤ 13 3/4"	9	19
		350 - 600	26	40		13 3/4" - 23 5/8"	19	29
		> 600	40	40		> 23 5/8"	29	29
	13	< 250	15	25	0.52	< 10"	11	18
		250 - 500	20	35		10" - 19 3/4"	14	25
		500 - 1000	30	50		19 3/4" - 39 3/8"	22	36
		> 1000	50	50		> 39 3/8"	36	36
VGZ HARDWOOD ^(*)	6	≤ 220	4	8	0.24	≤ 8 5/8"	2	5
		> 220	8	12		> 8 5/8"	5	8
	8	≤ 280	7	13	0.32	≤ 11"	5	9
		> 280	10	20		> 11"	7	14
LBS	5	≤ 70	3	3	0.20	≤ 2 3/4"	2	2
	7	≤ 100	10	10	0.28	≤ 4"	7	7
HBS TBS HBSP	5	≤ 120	3	3	0.20	≤ 4 3/4"	2	2
	6	≤ 400	6	6	0.24	≤ 15 3/4"	4	4
	8	≤ 600	14	14	0.32	≤ 23 5/8"	10	10
	10	≤ 600	20	20	0.40	≤ 23 5/8"	14	14
	12	≤ 1000	26	26	0.48	≤ 39 3/8"	19	19
HBS HARDWOOD ^(*)	6	≤ 160	12	12	0.24	≤ 6 1/4"	8	8
	8	≤ 480	25	25	0.32	≤ 19"	18	18

TORNILLOS DE ACERO INOXIDABLE

	d	L	M _{ins,rec,min}	M _{ins,rec,max}	d	L	M _{ins,rec,min}	M _{ins,rec,max}
	[mm]	[mm]	[Nm]	[Nm]	[in]	[in]	[ft-lbs]	[ft-lbs]
HBS PLATE A4	8	≤ 100	5	10	0.32	≤ 4"	3	7
		> 100	8	15		> 4"	5	11
	10	≤ 120	7	13	0.40	≤ 4 3/4"	5	9
		> 120	10	20		> 4 3/4"	7	14
	12	≤ 140	12	27	0.48	≤ 5 1/2"	8	19
		> 140	20	34		> 5 1/2"	14	25
VGS A4	9	≤ 240	6	15	0.36	≤ 9 1/2"	4	11
		> 240	12	18		> 9 1/2"	8	13
	11	< 250	10	20	0.44	< 10"	7	14
		250 - 400	18	29		10" - 19 3/4"	13	21
SCI A2	5	≤ 100	3	3	0.20	≤ 4"	2	2
	6	≤ 160	5	5	0.24	≤ 6 1/4"	3	3
	8	≤ 320	11	11	0.32	≤ 12 5/8"	8	8

Los valores de la tabla son válidos en el caso de insertar tornillos en madera de abeto (densidad máxima 490 kg/m³ / SG < 0.47) sin pre-agujero. Se han obtenido a partir de ensayos experimentales basados en lo indicado en la ETA-11/0030 y en el cumplimiento de la resistencia a la torsión del conector.

(*) Para la instalación en madera dura, es posible aumentar los valores indicados en las tablas en un 25 %.

Para evitar un apriete excesivo, se debe aplicar el par de instalación mínimo (M_{ins,rec,min}). En caso de que no se logre insertar el tornillo, es posible aumentar el par de apriete hasta el valor máximo recomendado (M_{ins,rec,max}).



En caso de instalación en una placa metálica, se recomienda utilizar TORQUE LIMITER; en esta configuración, es posible establecer M_{ins,rec,max}.

CONTROL DEL APRIETE

El par de apriete debe controlarse utilizando herramientas adecuadas, que permitan comprobar y limitar el momento aplicado durante la instalación.

ROTHOBLAAS RECOMIENDA



TORQUE LIMITER
LIMITADORA DE PAR





BEAR
LLAVE DINAMOMÉTRICA



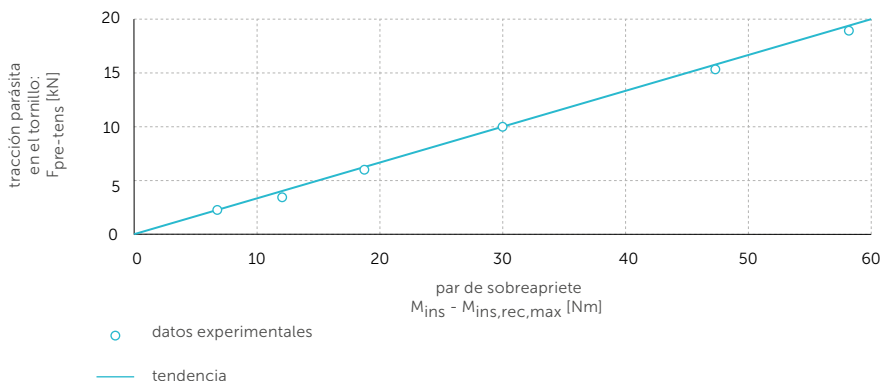
APRIETE EXCESIVO: EFECTOS EN EL CONECTOR

Para penetrar en la madera, un tornillo se debe instalar aplicando un momento de inserción suficiente para superar la resistencia del material al atornillado.

Cuando la cabeza del tornillo toca la **placa**, esta actúa como un tope que impide que el tornillo penetre más en la madera. Si se continúa aplicando un par de apriete, se genera una **fuerza de tracción secundaria** en el tornillo: este tiende a avanzar, pero su movimiento se ve obstaculizado por el elemento metálico.

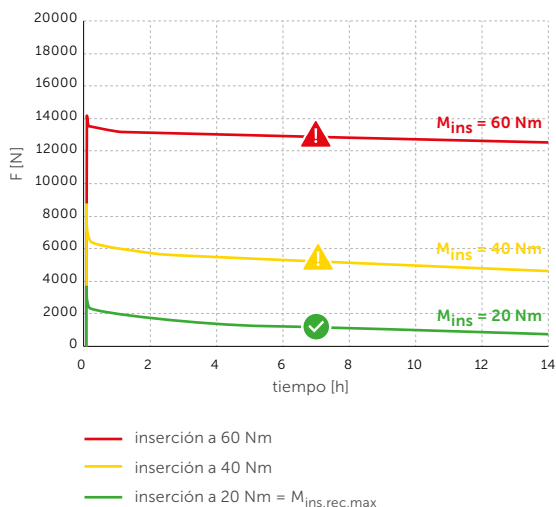
La fuerza de tracción generada en el tornillo es directamente proporcional al **par de sobreapriete** aplicado.

Tendencia de la tracción secundaria en función del par de sobreapriete



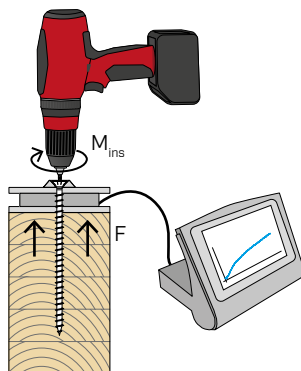
Para analizar y cuantificar el riesgo asociado a este fenómeno, Rothoblaas llevó a cabo pruebas experimentales específicas, utilizando celdas de carga y enroscando el tornillo en una placa metálica gruesa con un par de instalación creciente para generar sobreapriete.

Efectos de un apriete excesivo



tornillo:

➡ VGS Ø9 x 200 mm



A. Notari (2026) - Designing the Durability of Timber Joints: Hygroscopic Effects and Site Application

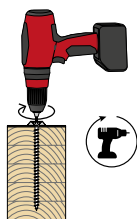
APRIETE EXCESIVO: EFECTOS EN LA MADERA

Si durante la instalación se aplica un par de apriete excesivo ($M_{ins} > M_{ins,rec}$), se produce una condición de sobreapriete.

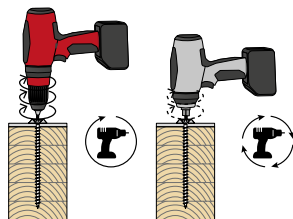
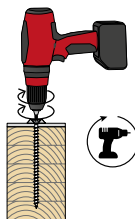
Cuando la cabeza del tornillo toca la placa, se impide una mayor penetración en la madera. Un apriete excesivo puede desgastar la rosca del tornillo, dañar las fibras de la madera y reducir la resistencia a la extracción.

En caso de una **instalación correcta** sin apriete excesivo (*overtorque* OT), en general el fenómeno es limitado, sobre todo en caso de **placas delgadas** que son menos rígidas, más deformables y ofrecen menos resistencia al avance del tornillo. En presencia de OT y **placas gruesas**, una vez que la cabeza toca la placa, la rosca encuentra una mayor resistencia al avance y tiende a deteriorar las fibras circundantes y a aumentar el desgaste de la rosca. La situación más crítica ocurre cuando se utilizan **atornilladores de impacto** sin control de torque, lo que agrava todavía más los daños en la madera.

placa fina



placa gruesa



APRIETE EXCESIVO OT



100%

resistencia a la extracción



75% (-25%)

resistencia a la extracción



25% (-75%)

resistencia a la extracción

En el caso de tornillos cortos, las pruebas experimentales (Alma Mater Studiorum – Universidad de Bologna, CIRI Edilizia e Costruzioni) demuestran que apretarlos por encima del valor recomendado reduce significativamente la resistencia a la extracción: el tornillo desgasta la madera, lo que degrada las prestaciones del anclaje.

FONTE: Bellini, A.; Morganti, A.; Conquista, F.; Savoia, M.; Pozza, L. (2025). Reuse of HBS PLATE screws on RAPTOR lifting hook: Definition of representative damage mechanism of screw during use and experimental characterization of RAPTOR lifting hook fastened with damaged screws. Alma Mater Studiorum – Università di Bologna, CIRI Edilizia e Costruzioni.

INSPECCIÓN DE LA INSTALACIÓN

Para inspeccionar el apriete, hay que proceder en orden inverso, utilizando una llave dinamométrica para medir el **par de aflojamiento** del tornillo instalado en la placa metálica; este valor está correlacionado con el grado de apriete aplicado durante la instalación.

Durante la inspección, se debe comprobar que la relación entre el par de aflojamiento ($M_{loos, insp}$) y el par de apriete recomendado se encuentre dentro de los límites establecidos en la siguiente tabla.

$$M_{loos, insp} / M_{ins, rec, max}$$

$$< 0,35$$



riesgo
bajo

par de apriete
correcto

$$M_{loos, insp} / M_{ins, rec, max}$$

$$0,35 < x < 0,45$$



riesgo
medio

par de apriete
límite

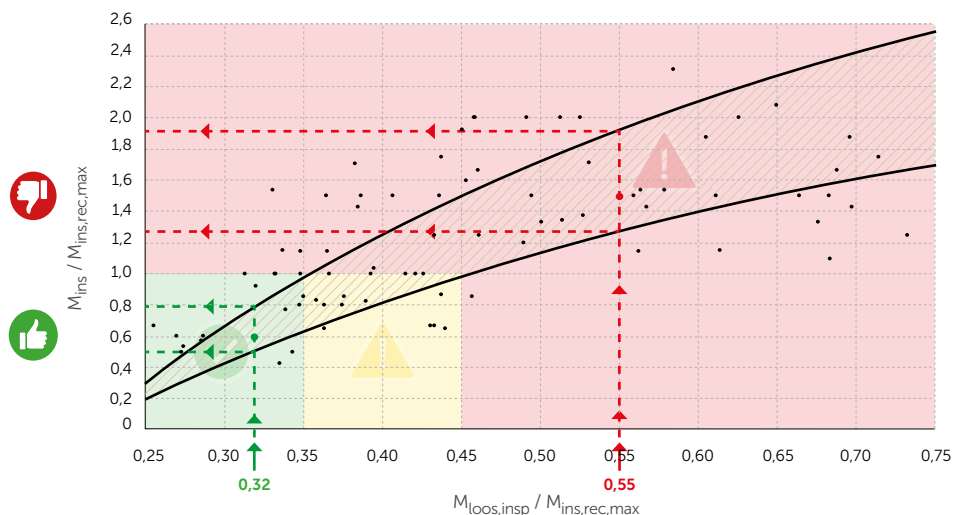
$$M_{loos, insp} / M_{ins, rec, max}$$

$$> 0,45$$



riesgo
alto

par de apriete
excesivo (OT)



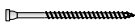
El gráfico obtenido a partir de los ensayos permite evaluar cualitativamente el apriete aplicado en función del par de aflojamiento.

Las curvas representan el par mínimo y el máximo aplicados durante la fase de instalación.



EJEMPLO

Cómo realizar una instalación correcta y comprobarla mediante inspección

tornillo:  HB SPL Ø10 x 180 mm

soporte:  madera laminada de abeto (sin pre-agujero)

INSTALACIÓN

- 1 Determinar el par de instalación recomendado consultando la tabla teniendo en cuenta el tipo de tornillo, el diámetro y la longitud de inserción:

$$M_{ins,rec,min} = 15 \text{ Nm}$$
$$M_{ins,rec,max} = 30 \text{ Nm}$$

	d	L	$M_{ins,rec,min}$	$M_{ins,rec,max}$	d	L	$M_{ins,rec,min}$	$M_{ins,rec,max}$
	[mm]	[mm]	[Nm]	[Nm]	[in]	[in]	[ft-lbs]	[ft-lbs]
HBS PLATE	8	≤ 100	8	12	0.32	≤ 4"	5	8
		> 100	10	20		> 4"	7	14
	10	≤ 120	10	20	0.40	≤ 4 3/4"	7	14
		> 120	15	30		> 4 3/4"	11	22

- 2 Insertar el conector ajustando el control de torque igual a $M_{ins,rec,min}$

$$M_{ins} = M_{ins,rec,min} = 15 \text{ Nm}$$

- 3 En caso de que no se logre insertar el tornillo, es posible aumentar el par de apriete hasta $M_{ins,rec,max}$

$$M_{ins} = M_{ins,rec,max} = 30 \text{ Nm}$$

- 4 Durante la inserción, hay que asegurarse de no superar el par de instalación recomendado



par de instalación:

$$M_{ins} = 20 \text{ Nm}$$



par de instalación:

$$M_{ins} = 40 \text{ Nm}$$

INSPECCIÓN

- 1 Registrar el momento de aflojamiento

$$M_{loos,insp}$$

- 2 Compararlo con el momento de instalación máximo recomendado

$$M_{loos,insp} / M_{ins,rec,max}$$

par de aflojamiento:

$$M_{loos,insp} = 9,5 \text{ Nm}$$

PARÁMETRO DE CONTROL

$$M_{loos,insp} / M_{ins,rec,max} = 9,5 \text{ Nm} / 30 \text{ Nm} =$$

0,32  riesgo bajo

Se supone que el par de apriete utilizado durante la instalación puede estar comprendido entre 0,55 y 0,75 veces el par máximo recomendado.



instalación correcta

par de aflojamiento:

$$M_{loos,insp} = 16,5 \text{ Nm}$$

PARÁMETRO DE CONTROL

$$M_{loos,insp} / M_{ins,rec,max} = 16,5 \text{ Nm} / 30 \text{ Nm} =$$

0,55  riesgo alto

Se supone que el par de apriete utilizado durante la instalación puede estar comprendido entre 1,45 y 1,90 veces el par máximo recomendado.



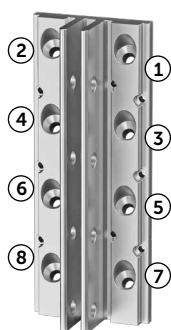
apriete excesivo (OT)

DISTRIBUCIÓN UNIFORME DE LAS SOLICITACIONES

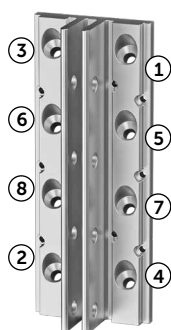
Es necesario definir una secuencia de instalación coherente para garantizar una correcta y uniforme distribución de las cargas entre todos los conectores.

En el caso de tornillos solicitados axialmente, es recomendable usar siempre tornillos de posicionamiento para evitar desplazamientos bruscos o no deseados de los elementos a conectar, sobre todo en presencia de placas metálicas.

Es conveniente evitar secuencias de instalación asimétricas o aleatorias (no razonadas); en cambio, se recomienda colocar los tornillos siguiendo una secuencia ordenada, por ejemplo, procediendo de un lado al otro de la unión o adoptando un patrón en cruz, tanto para los tornillos de posicionamiento como para los estructurales. Este método permite distribuir las solicitaciones de manera más uniforme y obtener una respuesta estructural de la conexión globalmente más equilibrada.



ALUMEGA JVG
opción de apriete 1



ALUMEGA JVG
opción de apriete 2



Las instrucciones completas de instalación están disponibles en el sitio web www.rothoblaas.es





¿Cómo instalar correctamente un tornillo?

Las instrucciones completas para la instalación de los tornillos para madera están disponibles en el sitio web www.rothoblaas.es.



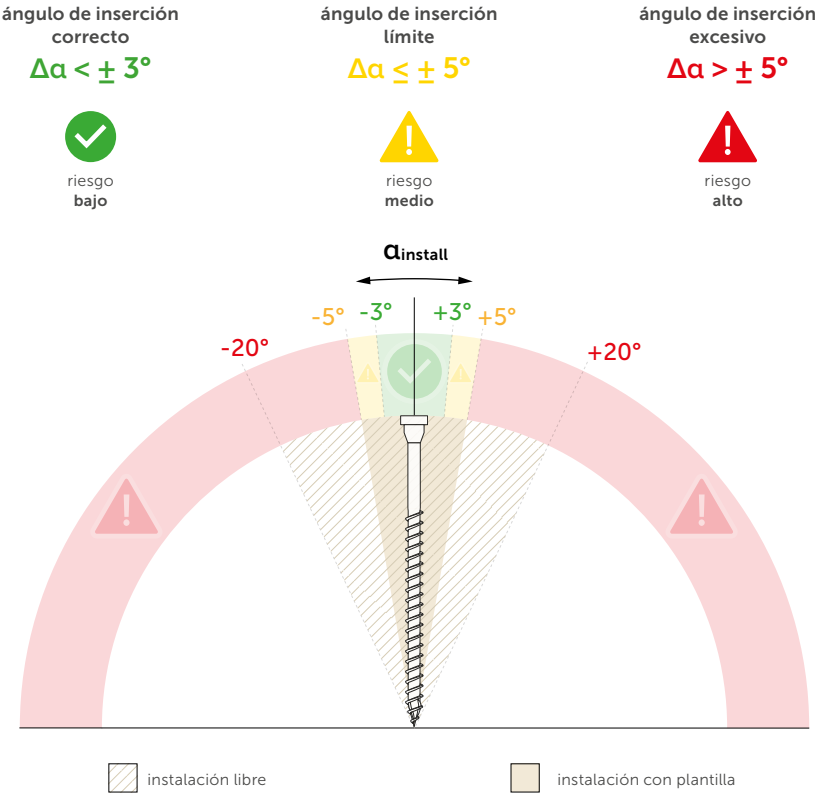
rothoblaas.es

rothoblaas

Solutions for Building Technology

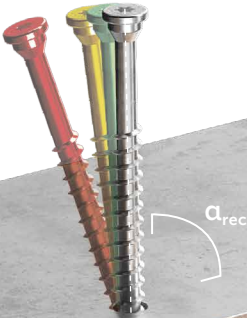
ÁNGULO DE INSERCIÓN

Según la correspondiente norma [Eurocódigo 5 – Parte 3 Ejecución: Fpr EN 1995:2025-3], durante la instalación se permite una **desviación máxima ($\Delta\alpha$) de 5°** entre el ángulo de instalación real (α_{install}) y el ángulo de diseño (α_{rec}), sin variaciones de resistencia o rigidez de la conexión:



En función del tipo de instalación, es posible que haya desviaciones más o menos importantes respecto al ángulo recomendado:

$$\Delta\alpha = \alpha_{\text{install}} - \alpha_{\text{rec}}$$



SENSIBILIDAD A LA DESVIACIÓN RESPECTO A LA GEOMETRÍA DE LA CABEZA

En función del tipo de instalación y del soporte en contacto con la cabeza, la desviación respecto al ángulo de inserción recomendado puede ser más o menos crítica.

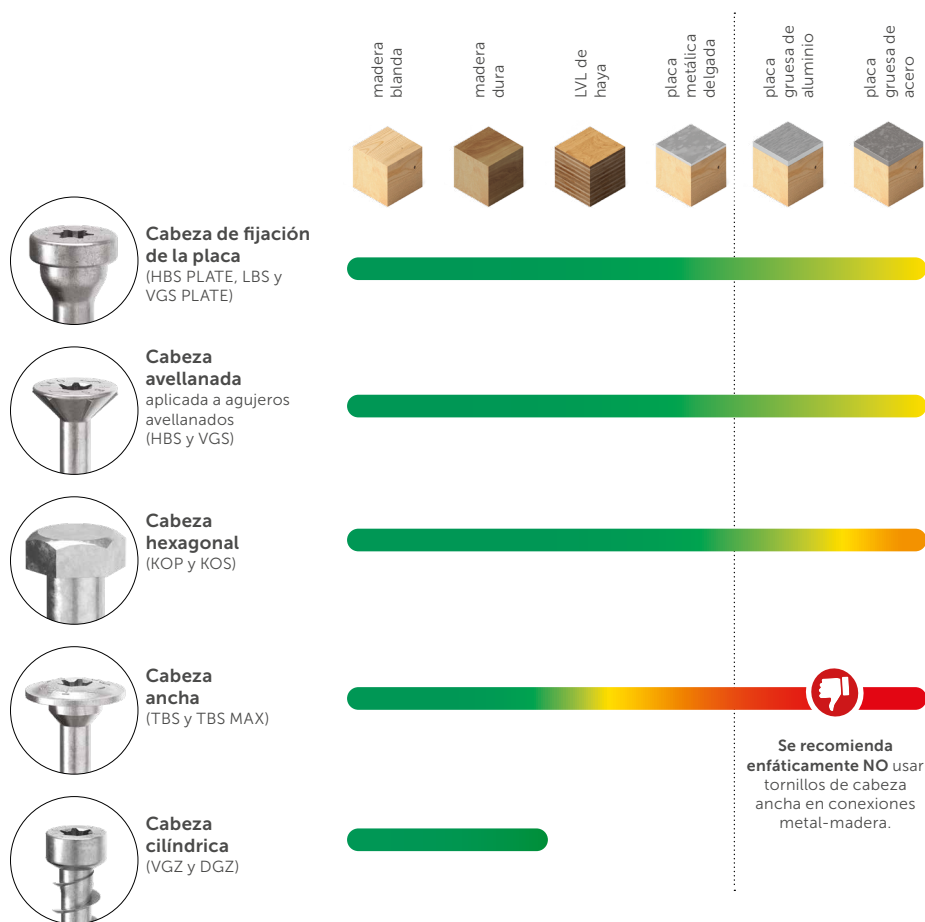
La desviación adquiere mayor importancia cuando la cabeza del tornillo toca un material rígido y apenas deformable, como una placa de metal. En este caso, las posibles desviaciones angulares no pueden ser compensadas por **la deformabilidad del soporte** y dan lugar a una distribución no uniforme de las sollicitaciones de contacto. Por el contrario, en el caso de la madera, la mayor deformabilidad de este material permite una adaptación parcial de la zona de apoyo y, por consiguiente, una reducción de los efectos negativos de las pequeñas desviaciones.

SENSIBILIDAD EN FUNCIÓN DE LA DEFORMABILIDAD DEL MATERIAL EN CONTACTO CON LA CABEZA

Relación de la forma de la cabeza

La sensibilidad de la cabeza a los momentos secundarios causados por la desviación depende de la relación entre el diámetro de la cabeza (d_K) y del bajo cabeza (d_{UK}).

$$d_K / d_{UK} \quad d_K \left[\text{Diagrama de una cabeza de tornillo} \right] d_{UK}$$



INSTALACIÓN CON PLANTILLAS

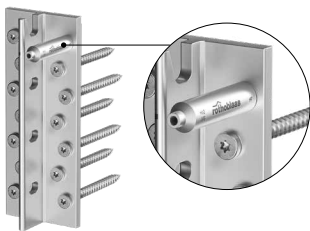
AGUJERO DE GUÍA: PRE-AGUJERO Y AGUJERO PILOTO

El pre-agujero permite insertar el tornillo haciendo menos fuerza y dañando menos la madera, mientras que los agujeros piloto se utilizan principalmente para que el tornillo se inserte en la dirección correcta.

INSTALACIÓN A 90°

agujeros cilíndricos a 90°

dirección correcta hacia la punta y dirección correcta de inserción

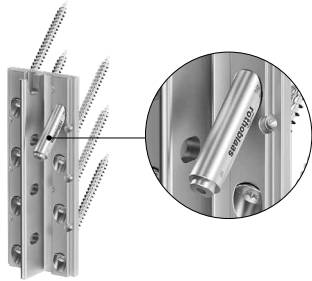


Ej. ALUMEGA, perfiles IPE perforados

INSTALACIÓN A 45°

agujeros preformados a 45°

pre-agujero o agujero piloto con la inclinación y el diámetro correctos



Ej. ALUMEGA

JIG VGS



JIGVGS9	JIGVGS9H
d _v = 5 mm	d _v = 6 mm
HBS PLATE Ø8	HBS PLATE Ø10

JIG VGS



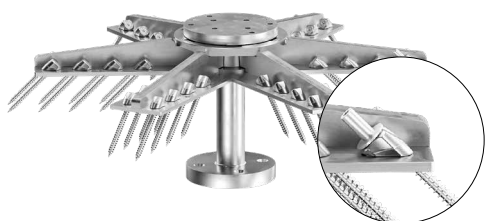
JIGVGS9	JIGVGS9H
d _v = 5 mm	d _v = 6 mm
VGS Ø9	VGS9 Ø9



INSTALACIÓN A 45°

VGU (preposicionado)

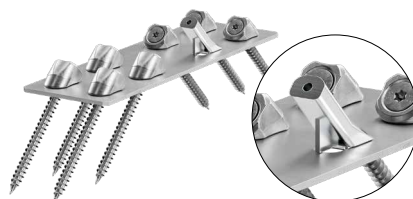
pre-agujero o agujero piloto con la inclinación y el diámetro correctos



Ej. SPIDER (con VGU soldadas)

VGU (placas con pre-agujero ranurado)

pre-agujero o agujero piloto con la inclinación y el diámetro correctos



Ej. VGU PLATE T

JIG VGU



JIGVGU945

JIGVGU1145

JIGVGU1345

$d_v = 5 \text{ mm}$

$d_v = 6 \text{ mm}$

$d_v = 8 \text{ mm}$

VGS Ø9

VGS Ø11

VGS Ø13

JIG VGU TOTAL



JIGVGU945T

JIGVGU1145T

JIGVGU1345T

$d_v = 5 \text{ mm}$

$d_v = 6 \text{ mm}$

$d_v = 8 \text{ mm}$

VGS Ø9

VGS Ø11

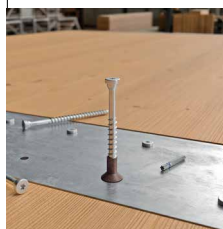
VGS Ø13



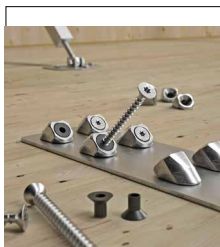
USO DE PLANTILLAS DESECHABLES: FIT JIG

GARANTIZAR EL ÁNGULO DE INSTALACIÓN

ROTHOBLAAS RECOMIENDA



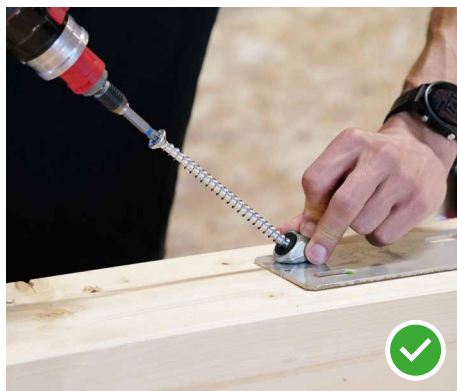
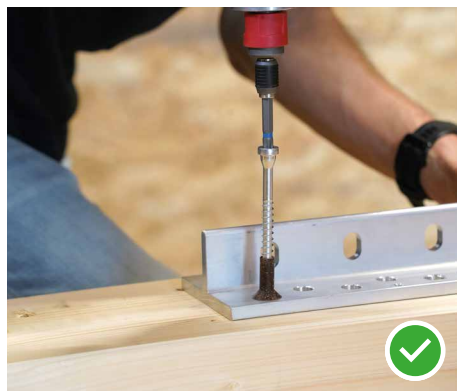
FIT JIG HP
PLANTILLA DESECHABLE
PARA TORNILLOS
HBS PLATE



FIT JIG VG
PLANTILLA DESECHABLE
PARA TORNILLOS VGS



Las plantillas desechables **FIT JIG HP** y **FIT JIG VG** representan una evolución en la aplicación de los tornillos. Aseguran un ángulo de inserción preciso incluso **sin la ayuda de un agujero piloto** en aplicaciones estándares. No sustituyen el pre-agujero completo, necesario para garantizar una correcta instalación en caso de longitudes considerables, instalaciones extremadamente precisas o elementos de madera de densidades elevadas.



REDUCCIÓN SIGNIFICATIVA DEL ESTRÉS POR INSTALACIÓN

No solo alineación. Fabricada con material polimérico deformable, funciona como un **amortiguador: absorbe hasta el 30 %** del momento de inserción máximo ocasionado por el contacto cabeza-metal, con lo cual se reducen los daños, los aprietes excesivos, las sobrecargas y las concentraciones de estrés. Además, al evitar el contacto directo entre el tornillo y la arandela, **actúa como elemento de desacoplamiento contra la corrosión galvánica.**



INSTALACIÓN DE TORNILLOS HBS PLATE A 90°



Insertar la plantilla en el tornillo hasta que la punta sobresalga.



Poner el tornillo con la plantilla en el agujero.



Atornillar hasta que el tornillo toque la placa.



Si es necesario, quitar los restos de la plantilla que haya alrededor del tornillo y desecharlos.

INSTALACIÓN DE TORNILLOS VGS A 45° CON VGU



Insertar la plantilla en el agujero de instalación del tornillo.



Insertar el tornillo en la plantilla hasta que la punta sobresalga.



Atornillar hasta que el tornillo quede a ras de la superficie exterior de la **FIT JIG**.



DIRECCIÓN DE INSERCIÓN INCORRECTA: ROTURA DE LOS TORNILLOS

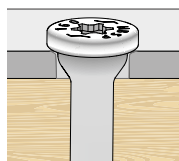
Cualquier tornillo puede romperse durante la instalación si se inserta con un ángulo que genere un momento flector secundario. Esto provoca un esfuerzo combinado de corte y tracción en la zona de la cabeza, que puede superar la resistencia del tornillo incluso en ausencia de humedad o de fenómenos corrosivos.

En la imagen al lado se muestra el efecto de insertar tornillos HBSP en una placa delgada y madera blanda con un ángulo de inserción variable (45° - 50° - 60°) y con un apriete excesivo (OT). El ángulo de referencia correcto es de 90° .

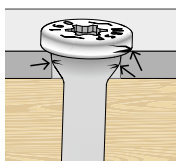


Fuente de la imagen: Denz, C., *Bestimmung möglicher Einflüsse auf die Tragfähigkeit von Stahlblech-Holz-Verbindungen mit Vollgewindeschrauben durch unsachgemäße Montage*, Bachelorarbeit, KIT, 2023.

DIRECCIÓN DE INSERCIÓN INCORRECTA: SOLICITACIONES ADICIONALES INDUCIDAS



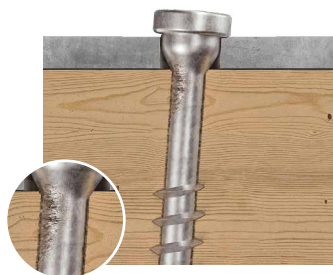
Superficie de contacto uniforme y bien distribuida.



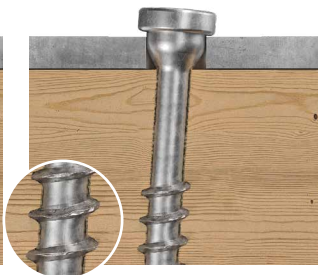
Puntos de contacto localizados (no distribuidos) y concentrados en las aristas. Posibles momentos parasitarios.

DIRECCIÓN DE INSERCIÓN INCORRECTA: DAÑO

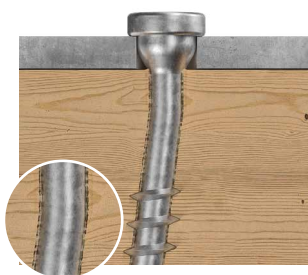
Además de la rotura inmediata durante la fase de instalación, un ángulo de inserción incorrecto puede causar otros problemas.



Daños en el revestimiento: menor resistencia a la corrosión y mayor riesgo de HI-SCC/EHE.



Daños o desgaste de la rosca: reducción de la resistencia a la extracción.



Deformación plástica por flexión: reducción de la resistencia a la tracción y a la flexión del tornillo. Formación de microfisuras.

Más información en el capítulo "CONDICIONES CORROSIVAS EN OBRA" en la pág. 18

INSPECCIÓN: ÁNGULO DE INSERCIÓN

Se recomienda **desenroscar parcialmente** una cantidad mínima significativa para una conexión típica y medir el ángulo de inserción con un **goniómetro**.

Es importante comprobar que el tornillo extraído no presente deformaciones plásticas evidentes, relacionadas con un apriete excesivo durante la instalación.

ángulo de inserción
correcto

$$\Delta\alpha < \pm 3^\circ$$



riesgo
bajo

ángulo de inserción
límite

$$\Delta\alpha \leq \pm 5^\circ$$



riesgo
medio

ángulo de inserción
excesivo

$$\Delta\alpha > \pm 5^\circ$$



riesgo
alto

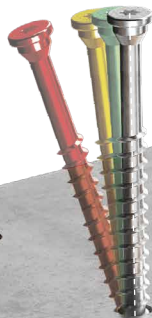


$$\begin{aligned}\alpha_{\text{rec}} &= 45^\circ \\ \alpha_{\text{insp}} &= 45,95^\circ \\ \Delta\alpha &= 0,95^\circ\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}\alpha_{\text{rec}} &= 90^\circ \\ \alpha_{\text{insp}} &= 79,45^\circ \\ \Delta\alpha &= 10,55^\circ\end{aligned}$$

$$\Delta\alpha = \alpha_{\text{insp}} - \alpha_{\text{rec}}$$



INSTALACIÓN CON APRIETE EXCESIVO

Es esencial respetar el par de instalación: solo así el ángulo de inserción se podrá comprobar durante la fase de inspección y se garantizará una fijación instalada de forma segura.

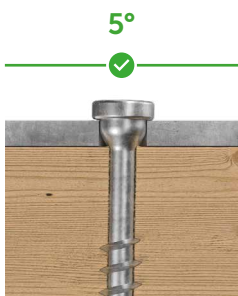
En caso de apriete excesivo (OT), cuando la cabeza llega al tope, el tornillo tiende a adaptarse a la geometría del agujero, lo que provoca flexiones y deformaciones a lo largo del vástago y hace que el error del ángulo sea mucho menos evidente durante la inspección.

La campaña de ensayos realizada con el KIT (Instituto Tecnológico de Karlsruhe) demostró que el apriete afecta significativamente la posibilidad de detectar un ángulo de inserción incorrecto durante la instalación.

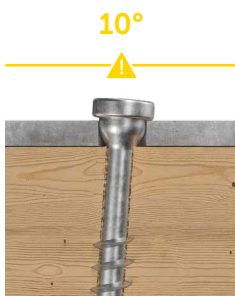
INSTALACIÓN A 90°

SI SE HA UTILIZADO EL CONTROL DE TORQUE:
LA DESVIACIÓN SIGUE SIENDO EVIDENTE Y NO SE CORRIGE DURANTE EL APRIETE.

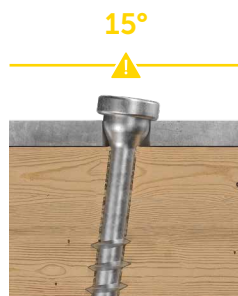
Cabeza de fijación
de la placa
HBS PLATE



Instalación conforme: el ángulo y la posición de la cabeza son correctos y estables.



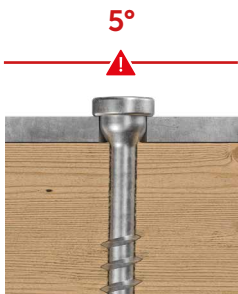
La desviación respecto al ángulo recomendado permanece visible y no se corrige durante el apriete.



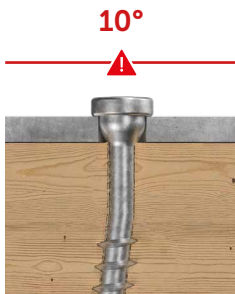
Instalación no conforme: un ángulo excesivo se detecta fácilmente durante la inspección.

SI NO SE HA UTILIZADO EL CONTROL DE TORQUE:
EL APRIETE EXCESIVO PUEDE OCULTAR DESVIACIONES CON RESPECTO AL ÁNGULO RECOMENDADO

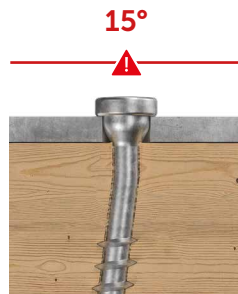
Cabeza de fijación
de la placa
HBS PLATE



Incluso con el ángulo correcto, la falta de control del par puede provocar deformaciones en el conector.



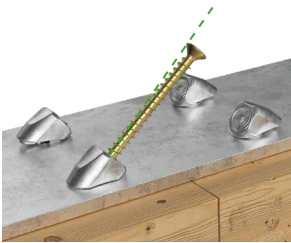
Un apriete excesivo impide detectar cualquier desviación con respecto al ángulo de instalación recomendado.



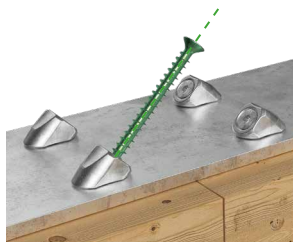
Instalación no conforme: un apriete excesivo puede compensar una inclinación incorrecta y provocar deformaciones locales y sobretensiones.

INSTALACIÓN A 45°

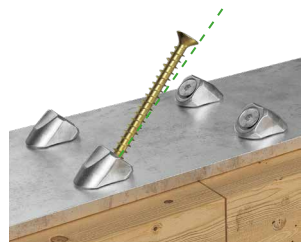
< 40°



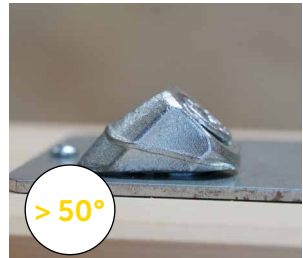
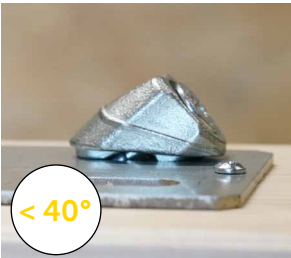
45°



> 50°



SI SE HA UTILIZADO EL CONTROL DE TORQUE:
LA DESVIACIÓN SIGUE SIENDO EVIDENTE Y NO SE CORRIJE DURANTE EL APRIETE.



Ángulo de instalación incorrecto visible: es posible que la arandela quede levantada o que la cabeza del tornillo no toque perfectamente la placa.

Instalación conforme: el ángulo y la posición de la cabeza son correctos y estables.

La cabeza del tornillo no toca perfectamente la placa (en la parte inferior).

SI NO SE HA UTILIZADO EL CONTROL DE TORQUE:
EL APRIETE EXCESIVO PUEDE OCULTAR DESVIACIONES CON RESPECTO AL ÁNGULO RECOMENDADO



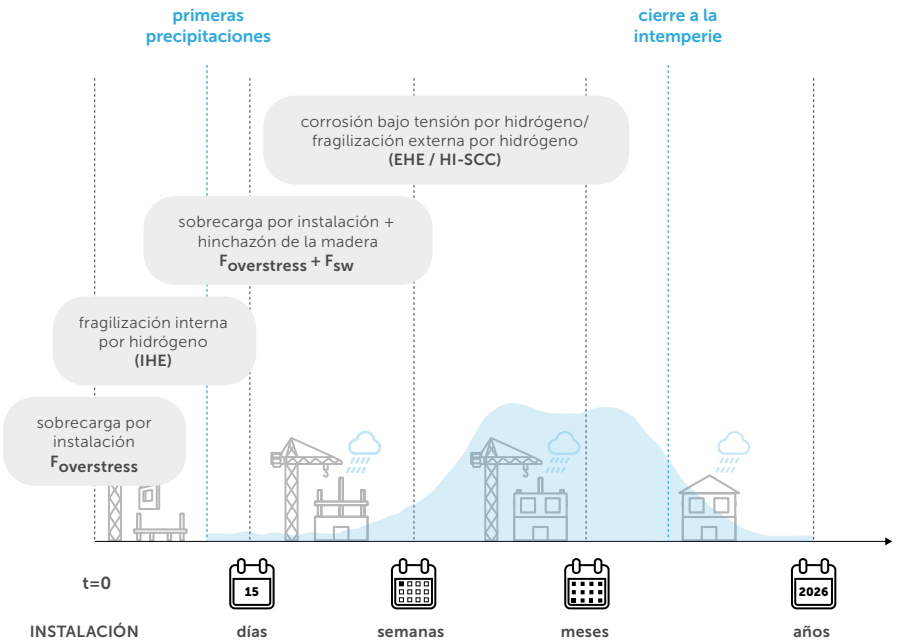
Es posible que se observe una elevación de la arandela, pero el ángulo real no se puede determinar con precisión.

Incluso con el ángulo correcto, la falta de control del par puede provocar deformaciones locales y sobretensiones.

El ángulo real no se puede identificar visualmente: un apriete excesivo puede ocultar una inclinación incorrecta.

INSPECCIÓN: TORNILLOS ROTOS

Como se ha visto en las páginas anteriores, existen varios factores que pueden provocar una rotura prematura de las fijaciones. El gráfico muestra, a modo de ejemplo, el intervalo de tiempo en el que se producen los tipos de roturas más comunes, desde el momento de la instalación (tiempo $t = 0$) hasta el final de la obra, cuando la conexión ya no está expuesta a la intemperie.



En la obra, la observación de las muestras rotas, de la superficie de rotura y de las marcas en la fijación puede proporcionar una **primera indicación sobre la causa de la rotura**. Sin embargo, las roturas siempre deben evaluarse con ayuda de especialistas: en la mayoría de los casos se requieren análisis de laboratorio para identificar de forma fiable el mecanismo real de rotura.

A continuación, se ilustran los principales **signos que se deben observar en la obra** para analizar e interpretar correctamente el fenómeno.

SIGNOS DE HUMEDAD EN LA MADERA

Indican el grado de exposición a la lluvia y están asociados a la corrosión del vástago del tornillo y a posibles sobrecargas por hinchazón.



SIGNOS DE CORROSIÓN

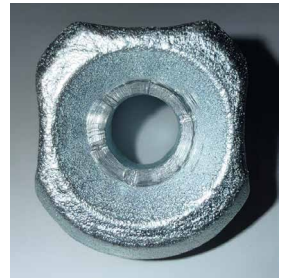
La corrosión (blanca o roja) en la superficie del vástago puede indicar una sobreexposición a un ambiente agresivo.

La corrosión en la superficie de rotura puede formarse en pocas horas y, por lo tanto, no siempre indica la causa de la rotura.



SIGNOS DE DESGASTE O DAÑO

Los signos en el revestimiento del tornillo o en el soporte pueden indicar desviaciones del ángulo de inserción recomendado o sobrecargas de instalación.



MORFOLOGÍA DE LA SUPERFICIE DE ROTURA

Puede proporcionar indicaciones útiles sobre el mecanismo de fallo.

En general:

- los patrones circulares indican **torsión excesiva**;
- los patrones lineales y los bordes alargados indican **sobretracción**;
- los patrones circulares y alargados al mismo tiempo indican presencia combinada de **torsión excesiva** y **sobreten-sión**;
- la rotura de la cabeza puede deberse a un **ángulo de inserción** incorrecto;
- las superficies predominantemente planas con posibles signos de corrosión pueden indicar **roturas frágiles**, debidas también a la fragilización por hidrógeno en presencia de sobrecargas.



INSPECCIÓN NO SUPERADA: SOLUCIONES

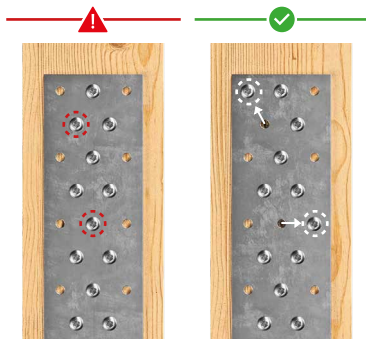
No existe una solución única válida para todos los casos. En presencia de tornillos rotos, torsión excesiva, rosca dañada en la madera o corrosión roja, la estrategia de intervención debe evaluarse caso por caso. En los casos más complejos, es recomendable contar con el apoyo del servicio de asesoramiento técnico de Rothoblaas.

A continuación se ilustran algunas estrategias posibles:

CAMBIAR EL PATRÓN DE CLAVADO

Si el conector tiene agujeros libres, es posible quitar el tornillo defectuoso y sustituirlo por uno nuevo del mismo tamaño, insertándolo en uno de los agujeros libres adyacentes.

Caso típico para placas con patrones de fijación parciales (flejes perforados, angulares, etc.).



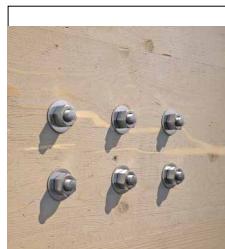
El mismo principio también se puede aplicar a placas no estándares. En estos casos, en general no hay agujeros libres/disponibles; no siempre es posible cambiar el patrón de fijación y, a menudo, es necesario realizar un nuevo agujero en la placa.

En estos casos, es importante prever los nuevos agujeros desalineados con respecto a las fijaciones existentes, **respetando siempre las distancias mínimas**.

Es recomendable rellenar los agujeros vacíos con resina epoxi para restaurar las fibras dañadas.



ROTHOBLAAS RECOMIENDA



XEPOX
ADHESIVO EPOXI
BICOMPONENTE



SUSTITUCIÓN DE UN TORNILLO NO CONFORME CON UNO DE MAYOR DIÁMETRO

Cuando no sea posible reubicar la fijación en un agujero alternativo, se puede considerar la posibilidad de sustituirla por una fijación de mayor diámetro, tras agrandar el agujero en la placa.

En general, insertar de nuevo un tornillo del mismo tipo, diámetro y longitud no es fiable. La elección entre sustituir solo la fijación dañada o realizar una intervención más amplia debe evaluarse con atención.

SUSTITUCIÓN POR TORNILLOS MÁS GRANDES:

diámetro nominal del tornillo a sustituir $\leq$ diámetro del pre-agujero del tornillo nuevo

tornillo a sustituir
LBS Ø7

$d_1 = 7,0 \text{ mm}$

$\leq$

tornillo nuevo
VGS Ø13

$d_v = 8,0 \text{ mm}$



SUSTITUCIÓN POR PERNOS O BARRAS ROSCADAS MÁS GRANDES:

diámetro nominal del tornillo a sustituir $\leq$ diámetro nominal del perno/barra nuevo

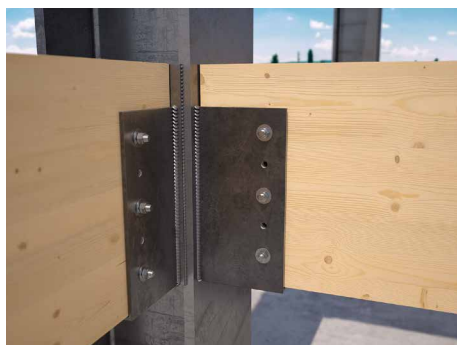
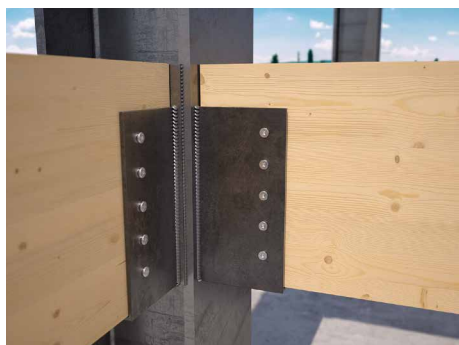
tornillo a sustituir
HBS LBS Ø8

$d_1 = 8,0 \text{ mm}$

$\leq$

perno nuevo
KOS M10

$d = 10,0 \text{ mm}$



¡ATENCIÓN! En todos los casos, la nueva solución debe ser comprobada por el proyectista en términos de capacidad portante, rigidez, ductilidad, geometría, resistencia a la corrosión, distancias mínimas, etc.

LÁMINAS Y CINTAS

LÁMINAS Y CINTAS

Diseñar correctamente los sistemas de protección y estanquidad al aire, agua y vapor requiere evaluar previamente el elemento constructivo y las condiciones de exposición. Las soluciones no deben elegirse al azar, ya que repercuten directamente en las prestaciones, el control de flujos y la durabilidad de la envolvente.

EVALUACIÓN DEL ELEMENTO CONSTRUCTIVO Y DE LOS PUNTOS CRÍTICOS

desde pág. **72**

PROTECCIÓN DE OBRA: ELECCIÓN DEL SISTEMA

desde pág. **82**

LÁMINAS PARA EL CONTROL DEL VAPOR

desde pág. **94**

LÁMINAS PARA LA ESTANQUIDAD AL VIENTO

desde pág. **106**

APLICACIÓN DE CINTAS, LÁMINAS Y ESPUMAS

desde pág. **118**

EVALUACIÓN DEL ELEMENTO CONSTRUCTIVO Y DE LOS PUNTOS CRÍTICOS



En este capítulo se analiza una obra típica con el objetivo de identificar las áreas más expuestas al riesgo y definir medidas para reducirlo.

Los contenidos retoman y resumen temas tratados en otros capítulos, destacando la necesidad de contextualizar las soluciones. No todas las áreas de la obra presentan el mismo nivel de criticidad: algunas requieren mayor atención e intervenciones más específicas.

En detalle, el capítulo repasa y profundiza los siguientes temas:

- Conexiones críticas: identificación y comprobación (pág. 34)
- Elección de la protección de obra (pág. 82)
- Elección de la lámina correcta (pág. 94)
- Aplicación correcta de cintas, láminas y espumas (pág. 118)
- Escorrentía y desvío de aguas meteóricas (pág. 156)

Las imágenes tienen un código de color para facilitar la lectura y la interpretación de las soluciones propuestas:

- **Verde:** encintados genéricos que se deben aplicar en la obra;
- **Blanco:** láminas de protección temporal para obras, incluyendo el sistema completo (lámina, encintados y solapamientos);
- **Gris:** láminas definidas por el proyectista para el control higrométrico y la estanquidad al aire y al viento, que también actúan como protección temporal.

La fijación al suelo de los elementos no está representada en los esquemas. Para más información, véase el capítulo "FIJACIÓN AL SUELO: DISEÑO DEL NUDO" en la pág. 130.

EVALUACIÓN DEL RIESGO



riesgo
bajo



riesgo
medio



riesgo
alto



riesgo
muy alto



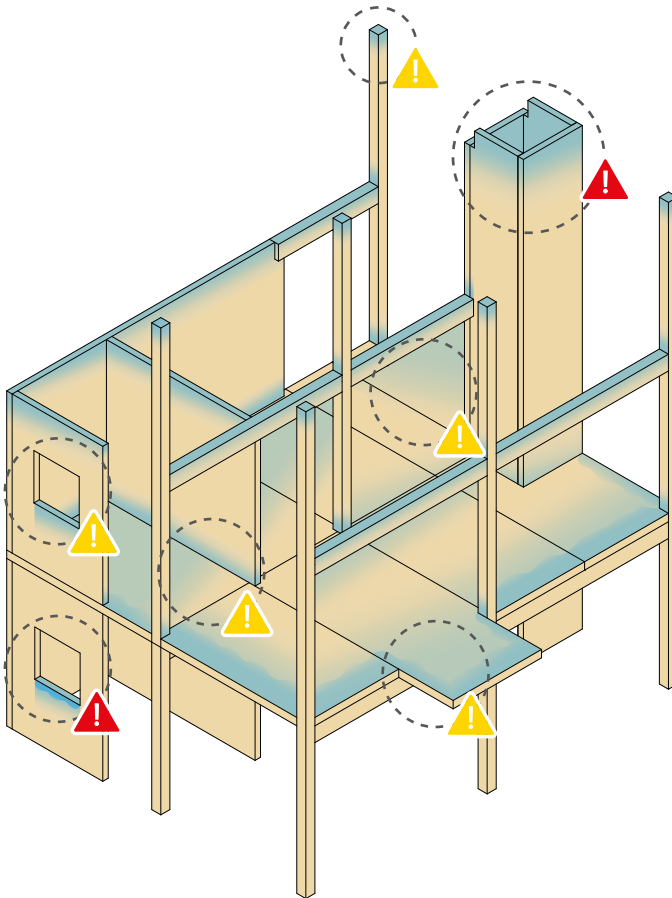
ANÁLISIS DE LA OBRA Y GESTIÓN DE LAS ZONAS DE RIESGO

MONTAJE DE LA PRIMERA PLANTA DE LA ESTRUCTURA

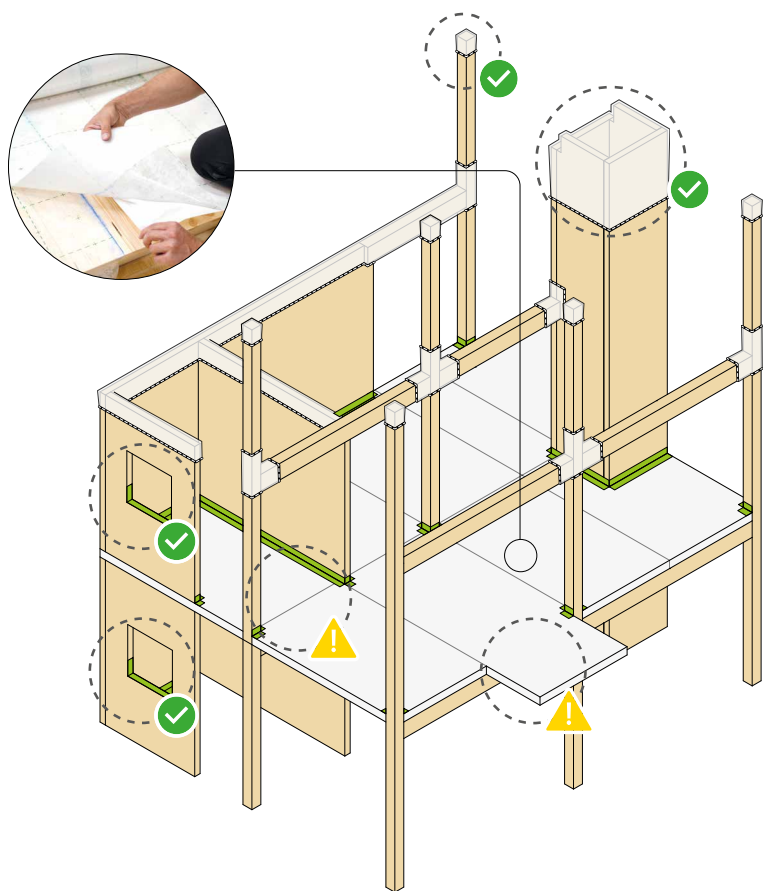
Toda la superficie de madera está expuesta al agua. En caso de lluvia, los elementos empiezan a mojarse. Las partes más sensibles en la fase inicial son las superficies con fibras de madera expuestas, como, por ejemplo:

- cabezas de pilares
- vanos de ventanas
- parte superior de las paredes de CLT.

Si hay hueco de ascensor, el agua tiende a acumularse en su interior, siendo una zona poco ventilada y de secado lento.



Si los paneles de CLT llegan a la obra ya impermeabilizados, están protegidos del agua. Sin embargo, las protecciones temporales en la obra no son suficientes para reducir completamente los riesgos; por lo tanto, sigue siendo importante garantizar el secado en caso de lluvia y prever zonas de drenaje para evacuar el agua.



Más información en el capítulo "PROTECCIÓN DE OBRA: ELECCIÓN DEL SISTEMA" en la pág. 82

ROTHOBLAAS RECOMIENDA

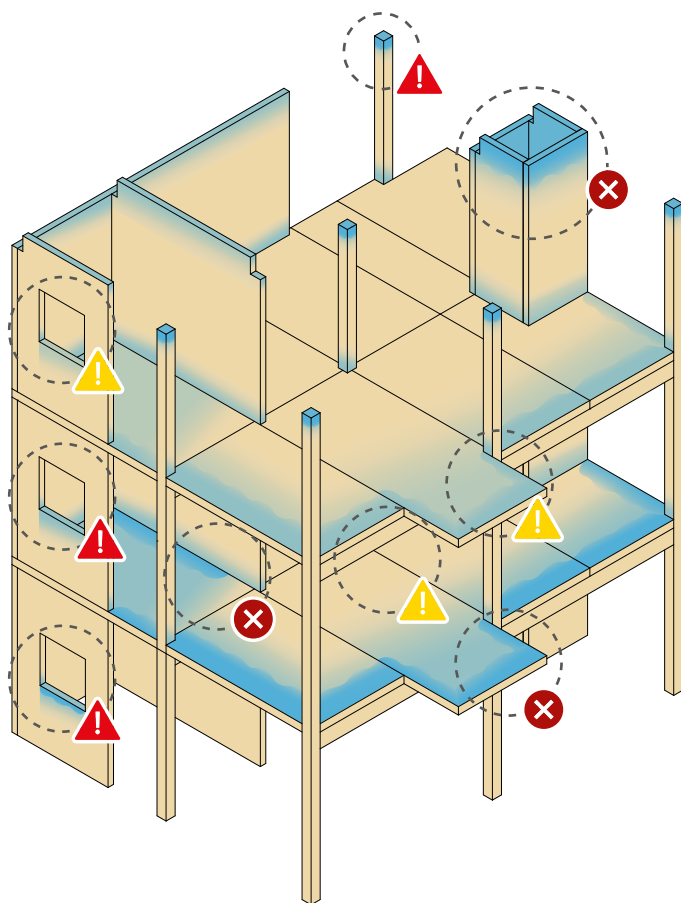
**DEFENCE ADHESIVE
REMOVABLE**

LÁMINA AUTOADHESIVA
PROTECTORA REMOVIBLE



MONTAJE DE LA SEGUNDA PLANTA DE LA ESTRUCTURA

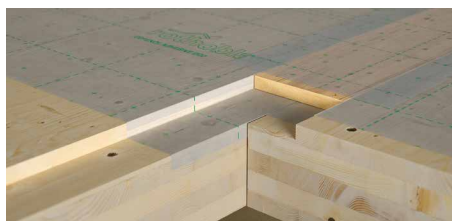
La construcción de otras plantas cubre y protege las plantas inferiores. Sin embargo, las zonas perimetrales y las zonas correspondientes a las uniones entre paneles siguen quedando expuestas. El hueco de ascensor acumula agua, actuando como un pozo: el agua no puede secarse porque la zona permanece siempre a la sombra y poco ventilada. Las cabezas de los pilares están especialmente expuestas al agua y los espacios cerrados se secan con dificultad.



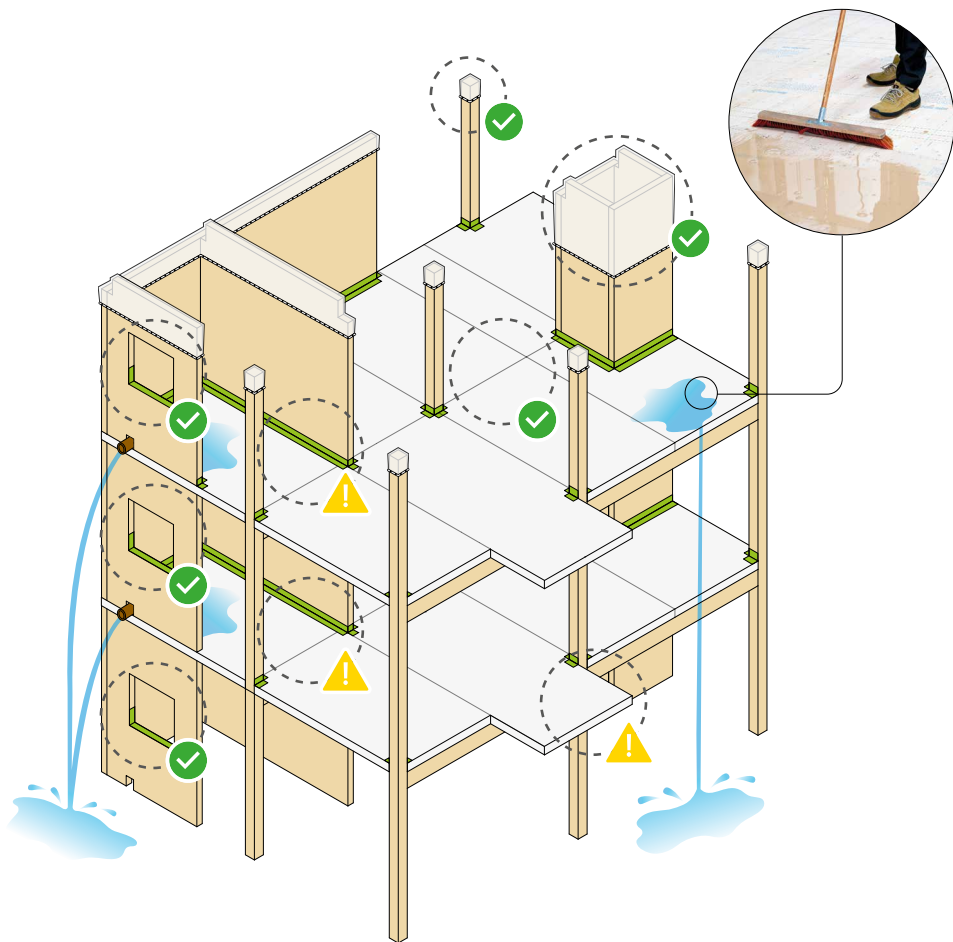
ROTHOBLAAS RECOMIENDA

DEFENCE ADHESIVE

LÁMINA AUTOADHESIVA
PROTECTORA PARA ELEMENTOS
CONSTRUCTIVOS



La estructura está protegida incluso en presencia de agua; sin embargo, es fundamental retirarla siempre que se acumule.



ROTHOBLAAS RECOMIENDA

CAP TOP

LONA DE COBERTURA

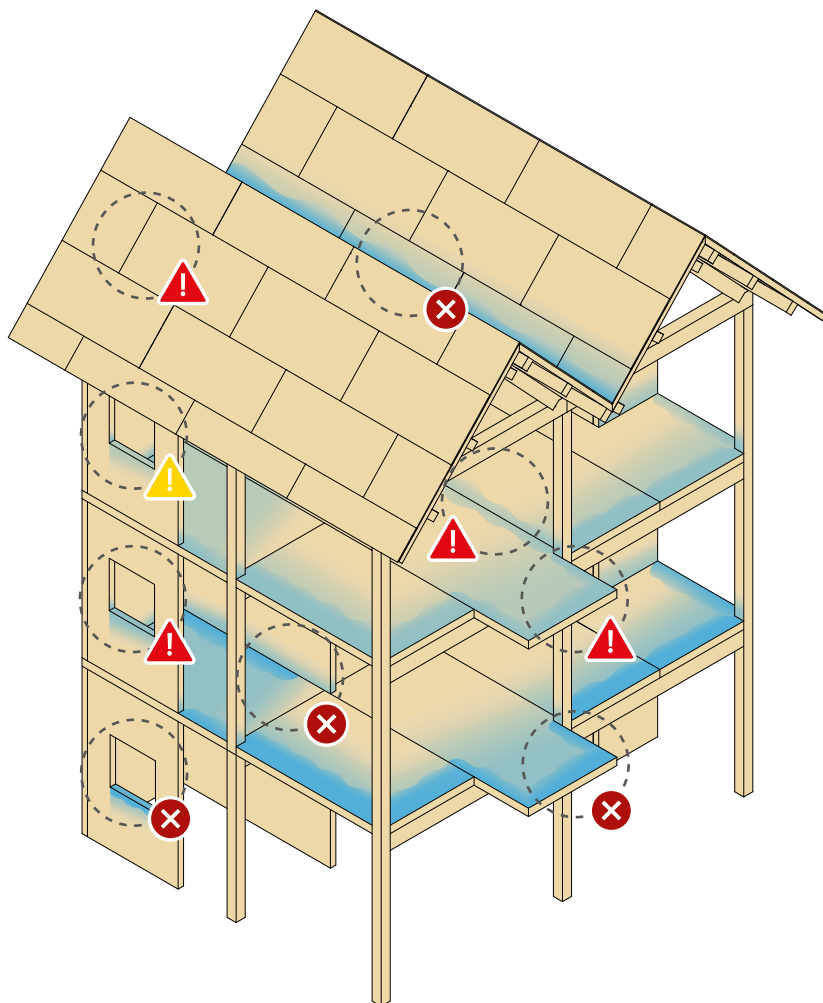


MONTAJE DE CUBIERTAS INCLINADAS

Una vez instalada, la cubierta protege las plantas inferiores de los agentes atmosféricos. Sin embargo, si-
guen quedando expuestas las zonas perimetrales del edificio, que son las que corren mayor riesgo.

COMPORTAMIENTO DEL AGUA EN LAS CUBIERTAS INCLINADAS

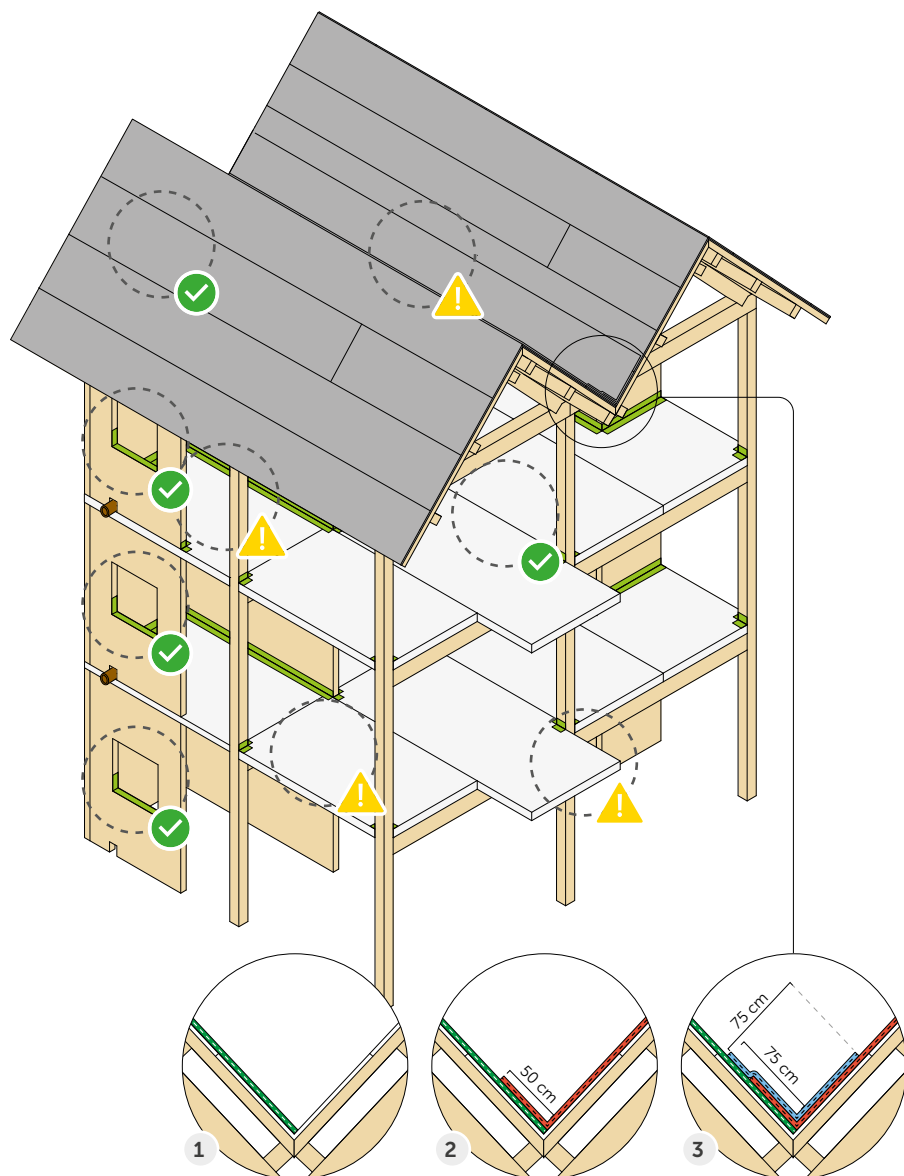
En las cubiertas inclinadas, el agua meteórica tiende a drenar de forma natural sin quedar estancada, lo
que, en general, favorece la durabilidad del sistema de cubierta. Sin embargo, hay que prestar atención
a las limahoyas, donde el agua puede acumularse y, por consiguiente, aumentar el riesgo de filtraciones.



LIMAHOYAS: PROBLEMAS Y RECOMENDACIONES

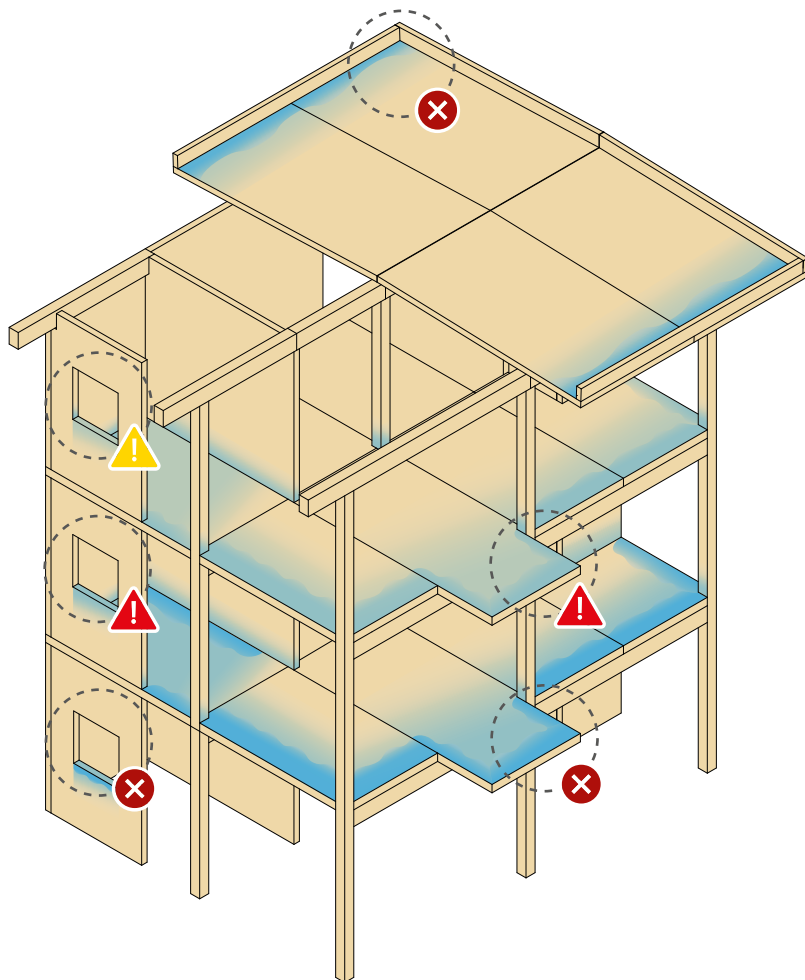
Las limahoyas constituyen zonas críticas durante las fases de obra. A menudo, como se utilizan como zonas de paso y para almacenar temporalmente los materiales de la cubierta, están sujetas a mayores solicitaciones mecánicas y su capacidad de secado es menor.

Por estos motivos, las limahoyas deben resguardarse adecuadamente con varias capas de protección y, así, aumentar la resistencia mecánica del sistema y evitar daños en las láminas impermeables.



MONTAJE DE CUBIERTAS PLANAS

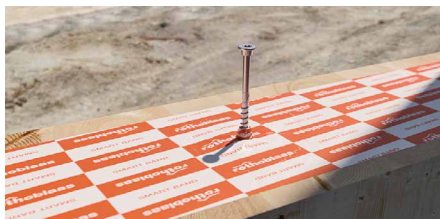
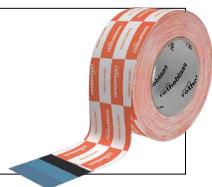
En el caso de cubiertas planas, es recomendable prever una pendiente en la estructura portante para evitar la acumulación de agua ya durante la fase de obra. La creación de una pendiente estructural reduce el riesgo de acumulaciones, pero por sí sola no es suficiente.



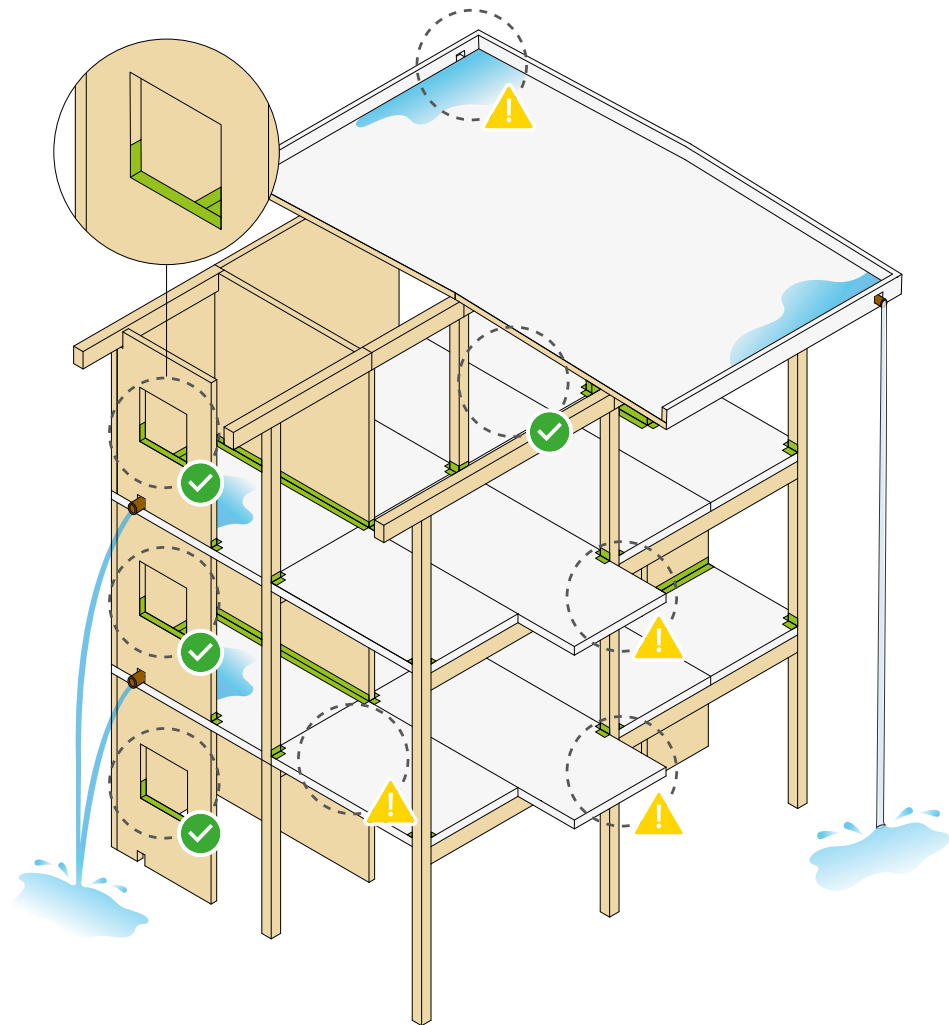
ROTHOBLAAS RECOMIENDA

SMART BAND

CINTA MONOADHESIVA
UNIVERSAL CON LINER
DIVISIBLE



Es indispensable garantizar rápidamente la estanquidad de la estructura aplicando protecciones temporales durante la fase de producción de los paneles o instalando de inmediato láminas de control de vapor en obra. A nivel estructural, deben preverse soluciones para evacuar las aguas meteóricas.



Más información en el capítulo “ESCORRENTÍA Y DESVÍO DE LAS AGUAS METEÓRICAS” en la pág. 156

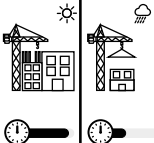
ROTHOBLAAS RECOMIENDA

RAIN TUBE
BAJANTE PROVISIONAL
PARA LAS FASES DE OBRAS



PROTECCIÓN DE OBRA: ELECCIÓN DEL SISTEMA

La elección del nivel de protección de obra depende de la exposición a la intemperie y del nivel de riesgo aceptable.

MATRIZ DE RIESGO				
				
riesgo muy bajo	riesgo bajo	riesgo medio	riesgo alto	riesgo a evitar
PROTECCIÓN DE OBRA				
GRADOS DE EXPOSICIÓN				
				
	LOCAL	DE SUPERFICIE	TOTAL	
	exposición de corta duración y clima con poca lluvia			
	exposición de larga duración o clima muy lluvioso y/o húmedo			
	exposición de larga duración y clima muy lluvioso y/o húmedo			



Una evaluación esmerada de los riesgos permite elegir la solución más adecuada, identificando el equilibrio justo entre costes de intervención y nivel de protección deseado.

LOCAL



PROTECCIÓN DE LAS SECCIONES DE CABEZA Y DE LOS ELEMENTOS SENSIBLES

La madera está expuesta a los agentes atmosféricos y solo se protegen las partes más susceptibles a la absorción capilar. En caso de lluvia, hay que retirar el agua de los elementos de madera para evitar que quede estancada en las superficies y en las partes superiores de los paneles.

DE SUPERFICIE



PROTECCIÓN DE ELEMENTOS DE MADERA CON LONAS PROVISIONALES O LÁMINAS ADHESIVAS

La madera está protegida, pero la lámina permanece expuesta a los fenómenos climáticos. En caso de lluvias intensas, errores de instalación o agua estancada, la madera podría absorber agua. Por lo tanto, hay que retirar el agua de los elementos para evitar que quede estancada en las superficies y en las partes superiores de los paneles.

TOTAL



PROTECCIÓN CON UNA ESTRUCTURA TEMPORAL

La obra se mantiene aislada de los agentes atmosféricos durante todas las fases de montaje. Incluso en caso de fuertes lluvias y/o fases de obra prolongadas, la estructura de madera permanece protegida del contacto directo con el agua.

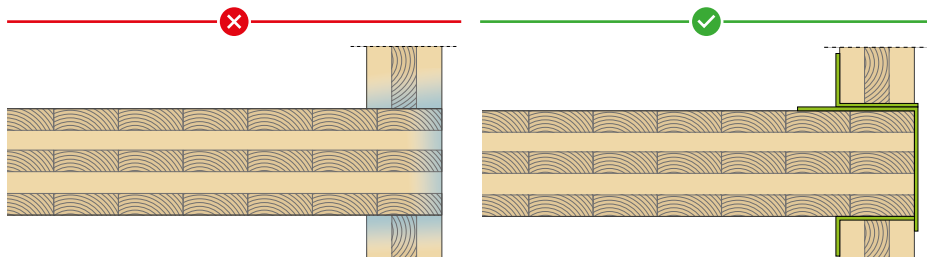
PROTECCIÓN LOCAL

PROTECCIÓN DE LAS SECCIONES DE CABEZA Y DE LOS ELEMENTOS SENSIBLES

La madera está expuesta a los agentes atmosféricos y solo se protegen las partes más susceptibles a la absorción por efecto capilar.

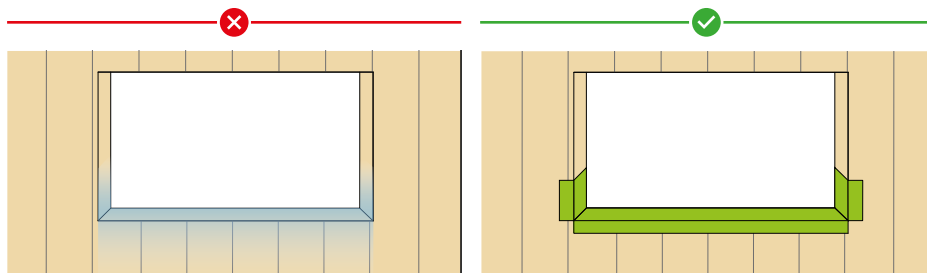
ZONAS SENSIBLES A LA HUMEDAD POR CAPILARIDAD: secciones de cabeza

Las secciones de cabeza absorben más agua debido a la capilaridad y, por lo tanto, son particularmente vulnerables.



VANOS PARA CERRAMIENTOS

Las aberturas para los cerramientos aumentan el riesgo de absorción de agua y pueden favorecer el estancamiento localizado, lo que hace que estas zonas sean especialmente críticas.



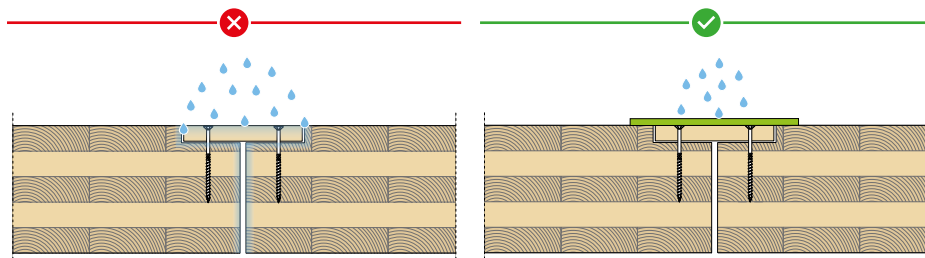
MATERIALES SUJETOS A MAYOR ABSORCIÓN DE AGUA: OSB

Algunos materiales, como el OSB, absorben más agua que la madera maciza y, en presencia de humedad, pueden hincharse y reducir sus prestaciones mecánicas.



ZONAS SUJETAS A ESTANCAMIENTO Y CON Poca POSIBILIDAD DE SECADO: PEQUEÑAS FISURAS

Las pequeñas fisuras y muescados pueden crear zonas de estancamiento del agua que son difíciles de secar.



ROTHOBLAAS RECOMIENDA

TITAN PLATE T

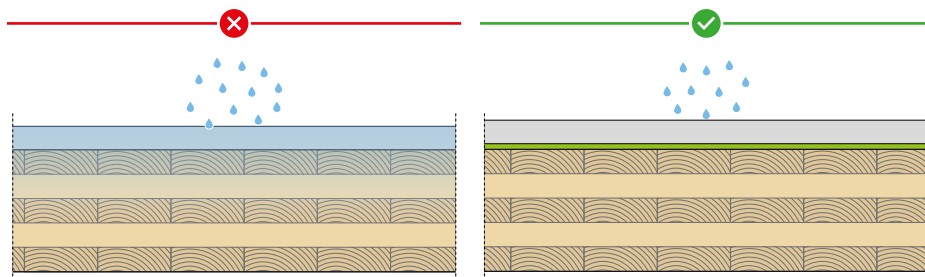
PLACAS PARA MADERA

- ▶ Reducción de los mecanizados complejos y mayor simplicidad de instalación
- ▶ Reducción del riesgo de estancamiento de agua en las uniones
- ▶ Construcción de forjados con comportamiento de diafragma y restablecimiento de la continuidad entre los diferentes paneles
- ▶ Versatilidad de aplicación y diseño gracias a la posibilidad de utilizar clavos LBA o tornillos LBS con un diámetro de 5 o 7 mm, con esquemas de fijación total o parcial



MADERA EN CONTACTO CON MATERIALES HÚMEDOS O REVESTIMIENTOS SENSIBLES A LA HUMEDAD: soleras o placas de cartón yeso prefabricadas expuestas a los agentes atmosféricos

Los revestimientos sensibles a la humedad pueden absorber agua y transferirla a la madera adyacente, que tiende a mojarse y permanecer húmeda durante mucho tiempo debido a la poca ventilación y a la dificultad de secado de las capas exteriores.



¿SABÍAS QUE...?

Los productos **DEFENCE** e **INVISI BAND** son semitransparentes para identificar de inmediato cualquier filtración o anomalía en obra. **DEFENCE ADHESIVE REMOVABLE** también se puede utilizar en aplicaciones temporales en elementos ocultos, siendo la solución ideal para quienes deben aplicar colas o anclajes directamente en la madera en las fases posteriores del proceso.

PROTECCIÓN CON LÁMINAS ADHESIVAS

La lámina adhesiva debe elegirse en función de las condiciones externas y de la humedad de la madera. Para definir la solución más adecuada, se ensayaron tres tipos de lámina en madera en tres clases de servicio diferentes, con el fin de identificar la mejor combinación para cada tipo de obra.

ACONDICIONAMIENTO DE LA MADERA

SC1

clase de servicio 1: madera seca (humedad del 10-12 %)

SC2

clase de servicio 2: madera húmeda (humedad 16-20 %)

SC3

clase de servicio 3: madera mojada (humedad > 20 %)

Las muestras de madera se acondicionaron para simular tres estados de humedad inicial diferentes y, luego, se recubrieron con distintas láminas adhesivas.

ESCENARIO 1:

lámina aplicada en la fábrica

ESCENARIO 2:

lámina aplicada en obra en condiciones secas

ESCENARIO 3:

lámina aplicada en obra en condiciones húmedas

condiciones de exposición de la madera:



condiciones de exposición de la madera:



condiciones de exposición de la madera:



humedad inicial de la madera: 10%

humedad inicial de la madera: 16%

humedad inicial de la madera: 23%

BARRIER ALU NET
ADHESIVE 300

BARRIER ALU NET
ADHESIVE 300

BARRIER ALU NET
ADHESIVE 300

DEFENCE ADHESIVE

DEFENCE ADHESIVE

DEFENCE ADHESIVE

productos

DEFENCE ADHESIVE
TRASPIR EVO

productos

DEFENCE ADHESIVE
TRASPIR EVO

productos

DEFENCE ADHESIVE
TRASPIR EVO

madera sin lámina

madera sin lámina

madera sin lámina

SIMULACIÓN DE LA FASE DE OBRA

Luego, todas las muestras se colocaron en una cámara climática para reproducir dos condiciones ambientales diferentes y evaluar su comportamiento a lo largo del tiempo.

CONDICIONES DE OBRA DESFAVORABLES (ambiente húmedo)

condiciones de exposición:



temperatura

20°C

humedad relativa del aire

75 % HR

duración

17 días

CONDICIONES DE OBRA FAVORABLES (posible secado)

condiciones de exposición:



temperatura

20°C

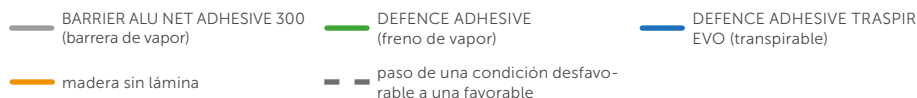
humedad relativa del aire

50 % HR

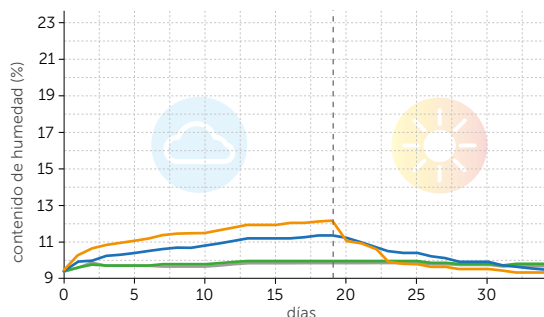
duración

17 días

RESULTADOS PRINCIPALES

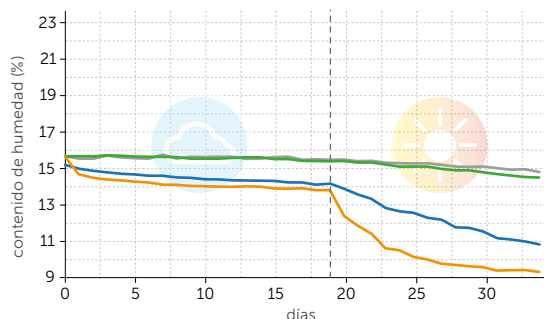


ESCENARIO 1: lámina aplicada en fábrica



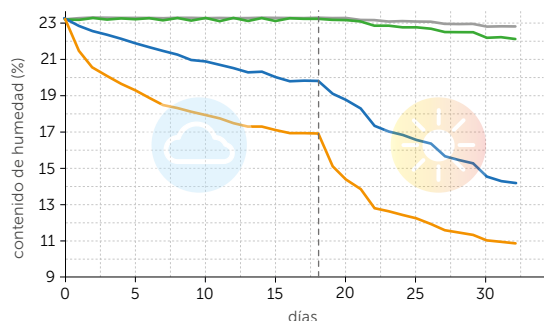
Cuando la lámina se aplica en fábrica, con la humedad de la madera controlada y sin prever daños durante la fase de obra, Rothoblaas recomienda el uso de **DEFENCE ADHESIVE**, que asegura una protección eficaz y mantiene el panel seco.

ESCENARIO 2: lámina aplicada en obra en condiciones secas



Para aplicaciones en obra en paneles secos, o en caso de pequeñas roturas accidentales, Rothoblaas recomienda **DEFENCE ADHESIVE TRASPIR EVO**, que protege la madera y permite la difusión del vapor residual, lo que favorece un correcto secado del material.

ESCENARIO 3: lámina aplicada en obra en condiciones húmedas



Si los paneles están mojados, hay que prever una fase de secado antes de aplicar la lámina. **DEFENCE ADHESIVE TRASPIR EVO** protege la madera de los fenómenos meteorológicos posteriores y favorece la eliminación de la humedad residual.

NOTA: El contenido de humedad de la madera se ha determinado siempre en peso y se ha comprobado con un higrómetro.

CONCLUSIONES: MATRIZ DE ELECCIÓN DE LA LÁMINA

riesgo
muy bajoriesgo
bajoriesgo
medioriesgo
altoriesgo
a evitar**clase de servicio 1:**
madera seca
(humedad 10-12 %)**clase de servicio 2:**
madera húmeda
(humedad 16-20 %)**clase de servicio 3:**
madera mojada
(humedad > 20 %)

CONDICIONES DE OBRA

		clima cálido y con poca lluvia	clima frío y húmedo, pero con poca lluvia	clima húmedo y moderadamente lluvioso	clima muy húmedo y muy lluvioso
ESCENARIO	lámina aplicada en fábrica SC1	BARRIER ALU NET ADHESIVE 300 DEFENCE ADHESIVE DEFENCE ADHESIVE TRASPIR EVO	BARRIER ALU NET ADHESIVE 300 DEFENCE ADHESIVE DEFENCE ADHESIVE TRASPIR EVO	DEFENCE ADHESIVE TRASPIR EVO DEFENCE ADHESIVE BARRIER ALU NET ADHESIVE 300	BARRIER ALU NET ADHESIVE 300
	lámina aplicada en obra en condiciones secas SC2	DEFENCE ADHESIVE DEFENCE ADHESIVE TRASPIR EVO	DEFENCE ADHESIVE TRASPIR EVO DEFENCE ADHESIVE	DEFENCE ADHESIVE TRASPIR EVO DEFENCE ADHESIVE	-
	lámina aplicada en obra en condiciones húmedas SC3	DEFENCE ADHESIVE TRASPIR EVO	DEFENCE ADHESIVE TRASPIR EVO	-	-

ENSAYO EN CÁMARA CLIMÁTICA



Acondicionamiento de la madera



Simulación de la fase de obra

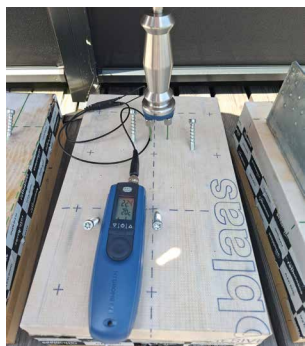
LÁMINA DAÑADA DURANTE LA FASE DE OBRA

Durante la fase de obra, las láminas de protección pueden sufrir daños accidentales debido a la manipulación de los materiales, al paso de los operarios o a la instalación de elementos de fijación.

CONDICIONES DE PRUEBA

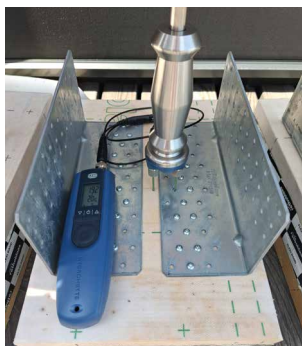
Se realizó un ensayo preliminar para obtener indicaciones cualitativas útiles para evaluar la influencia de los diferentes tipos de daños.

CASO 1



Daños causados por la inserción de 4 tornillos inclinados.

CASO 2



Daños causados por la aplicación de una placa fijada con tornillos.

CASO 3



Daños resultantes de abrasión superficial, pisoteo y pequeñas roturas accidentales.

SIMULACIÓN DE LA FASE DE OBRA

Las muestras estuvieron expuestas a los agentes atmosféricos durante aproximadamente 35 días en condiciones climáticas alpinas primaverales (abril-junio). Durante este período experimentaron ciclos de día y noche con variaciones significativas de temperatura, precipitaciones y consiguientes tiempos de secado.



35 días



NOTA: El contenido de humedad de la madera se ha determinado siempre en peso y se ha comprobado con un higrómetro.

IMPLICACIONES EN FUNCIÓN DEL TIPO DE DAÑO

Los ensayos preliminares demostraron que, gracias a su transpirabilidad, **DEFENCE ADHESIVE TRASPIR EVO** favorece un mejor secado de la madera y limita los daños asociados a la humedad.

Los distintos tipos de daños generaron los siguientes problemas específicos:

- **CASO 1:** condición especialmente sensible a las filtraciones; por consiguiente, se hicieron pruebas adicionales para investigar las prestaciones de la impermeabilización.
- **CASO 2:** mayores riesgos relacionados con la posible hinchazón de la madera.
- **CASO 3:** comportamiento muy variable y difícil de reproducir; para las filtraciones, véase el CASO 1.

DAÑOS EN LA LÁMINA EN PRESENCIA DE TORNILLOS

Para evaluar el comportamiento de la lámina en estas condiciones, se han hecho ensayos con tornillos insertados, para simular la posible filtración de agua debajo de la capa de protección.

CONDICIONES DE PRUEBA

humedad inicial de la madera

10%

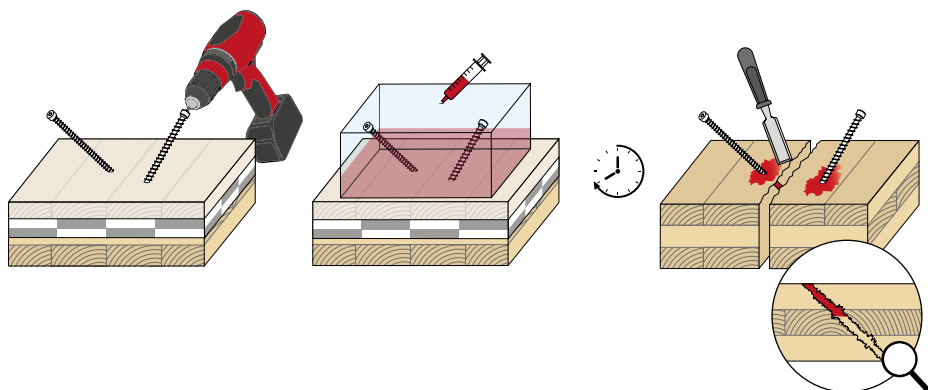
tipo de inserción del tornillo

SIN PRE-AGUJERO

CON PRE-AGUJERO

SIMULACIÓN DE LA FASE DE OBRA

La prueba consiste en insertar tornillos inclinados 45°, que crean un agujero de mayor diámetro y levantan las fibras de madera subyacentes, lo que propicia una posible vía de filtración. A continuación, se aplica agua coloreada para simular una exposición prolongada a la lluvia en la obra. Tras una semana, se elimina el agua residual y se evalúan el nivel de filtración y los tiempos de secado del elemento de madera.



NOTA: la humedad de la madera se mide en varios puntos utilizando un higrómetro.

RESULTADOS PRINCIPALES

Mapeo del agua filtrada bajo la lámina.

SIN PRE-AGUJERO



CON PRE-AGUJERO

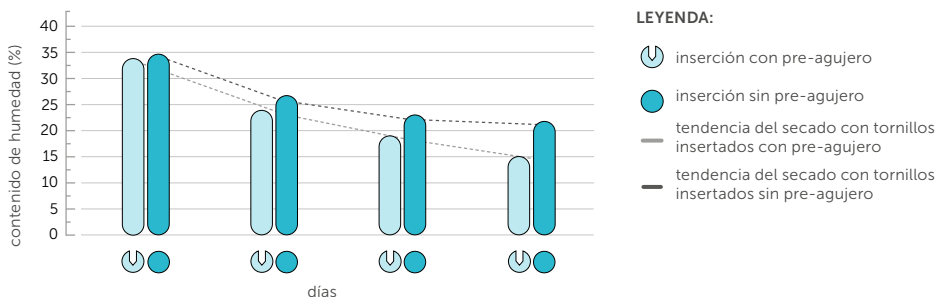


Las fibras de la madera se rompen con mayor facilidad, lo que genera un orificio irregular y más propenso a deformaciones.

El paso controlado del tornillo reduce la sollicitación local y limita la rotura de las fibras.

CONCLUSIONES

Evaluación de los métodos de secado de la muestra de madera tras eliminar el agua en la superficie.



La presencia del pre-agujero limita la penetración del agua debajo de la lámina y permite un secado más rápido. El ensayo también pone de manifiesto que, en caso de rotura accidental, la presencia de agua estancada por un tiempo prolongado puede provocar que los niveles de humedad de la madera superen el 30 %.

PROTECCIÓN CON LONAS

Para obras pequeñas/medianas, o para partes de estructuras más grandes, es posible utilizar lonas de cobertura provisionales para garantizar la protección provisional durante la fase de construcción.



Instalación rápida

Instalación rápida, incluso solo temporal (por ejemplo, por la noche), para una protección inmediata contra lluvias repentinas.



Protección contra los agentes atmosféricos

La lona debe estar bien sujeta para garantizar su estabilidad incluso en condiciones meteorológicas adversas.



Ojales de fijación

Posibilidad de fijar firmemente la lona a la cubierta.



Elección de lona

La lona debe elegirse en función de cuánto tiempo se va a utilizar, del tamaño de la superficie a cubrir, del riesgo y de la intensidad de los fenómenos meteorológicos previstos, así como del presupuesto disponible.



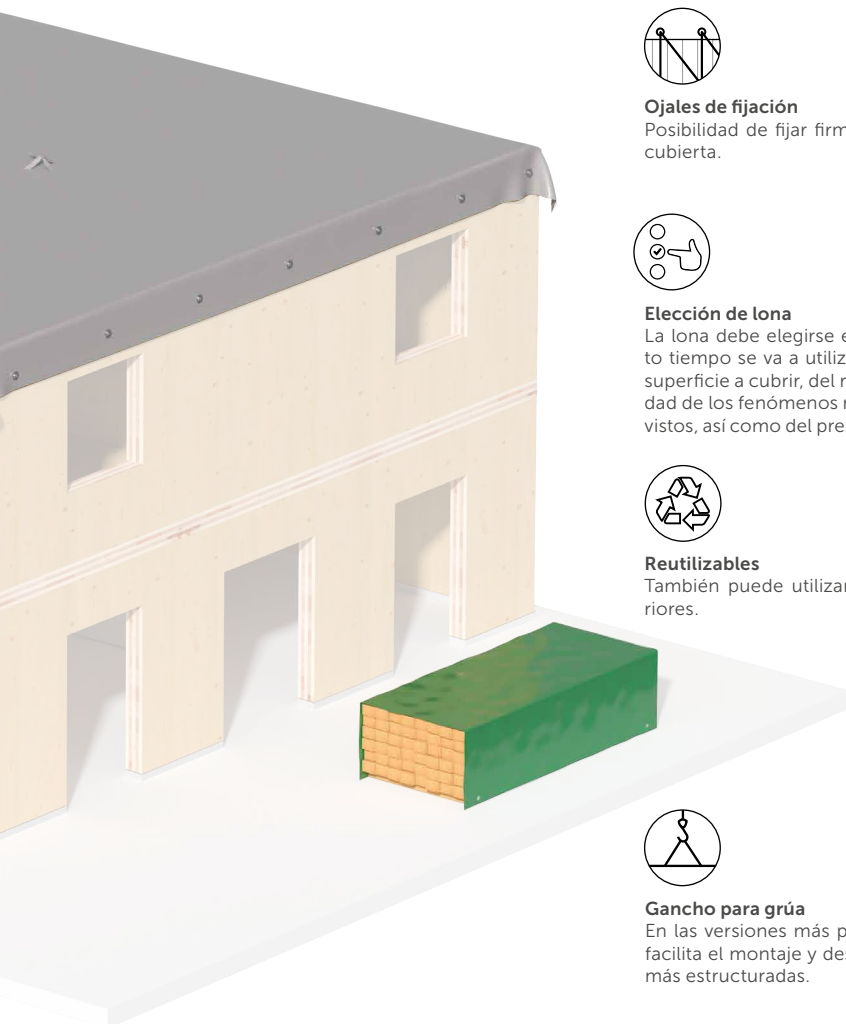
Reutilizables

También puede utilizarse en obras posteriores.



Gancho para grúa

En las versiones más pesadas, el gancho facilita el montaje y desmontaje en obras más estructuradas.



CAP TOP
LONA DE COBERTURA



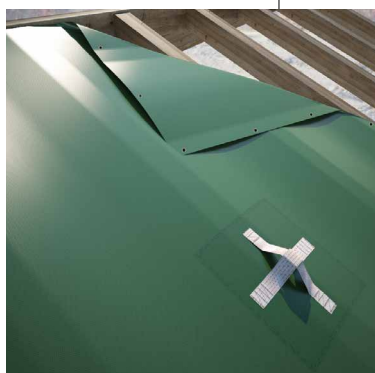
- ▶ Todos los tamaños están equipados con un gancho de elevación reforzado para facilitar la colocación.
- ▶ Gracias a los ojales metálicos de fijación cada metro, es posible fijar la lona a la cubierta.
- ▶ Su alto gramaje y el tipo de material utilizado garantizan una gran resistencia mecánica y durabilidad en el tiempo.
- ▶ Al fijar la lona al techo, es importante usar todos los ojales de manera que la carga del viento se distribuya entre la mayor cantidad posible de ojales.



CAP PLUS
LONA DE COBERTURA



- ▶ La lona de cobertura para las obras **CAP PLUS** protege las cubiertas y las zonas de trabajo contra los agentes atmosféricos.
- ▶ Con un gramaje de 300 g/m², presenta buenas características mecánicas de resistencia a la tracción y al desgarro.
- ▶ Está disponible en varias medidas.



CAP ECO
LONA DE COBERTURA



- ▶ **CAP ECO** es la lona de cobertura para las obras con un gramaje de 210 g/m².
- ▶ Disponible en dos medidas, es especialmente **resistente a los rayos UV** gracias al tejido interior negro. Se fija a la cubierta de manera simple y rápida gracias a los ojales metálicos de fijación colocados cada metro.
- ▶ **CAP ECO**, la solución simple y eficaz para cubrir las obras y protegerlas contra los agentes atmosféricos.



LÁMINAS PARA EL CONTROL DEL VAPOR

La envolvente de la construcción está atravesada por flujos continuos de calor, vapor, aire y viento que, si no se controlan bien, pueden afectar las prestaciones de los componentes. Las propiedades de las láminas están reguladas por el protocolo de marcado CE, a saber: EN 13984 para el control de vapor, EN 13859-1 para las láminas auxiliares para cubiertas con elementos discontinuos y EN 13859-2 para láminas auxiliares para muros.

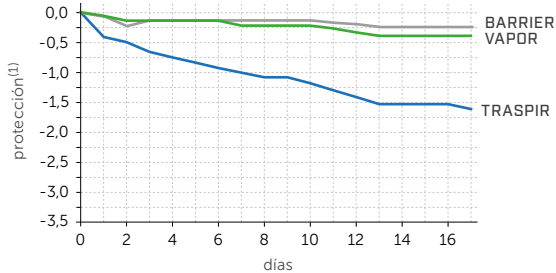
La clasificación de las láminas en función del valor S_d no es unívoca, ya que depende de las normativas de cada país.

PROPIEDADES

Las láminas se pueden dividir en tres grandes familias según su comportamiento higrométrico.

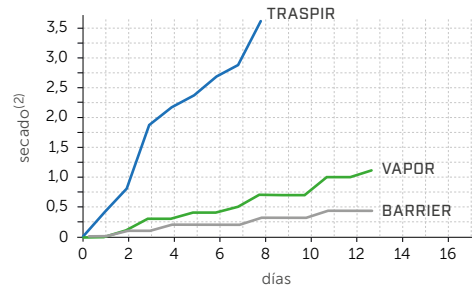
PROTECCIÓN

comportamiento de un material seco expuesto a un ambiente húmedo



SECADO

comportamiento de un material húmedo en un ambiente seco



Los gráficos se basan en los resultados de la campaña experimental descrita en la pág. 86.

(1) Reducción de la protección debido a la humedad absorbida por el panel de CLT.

(2) Capacidad de secado del panel de CLT con la lámina aplicada.



estanqueidad



paso de vapor

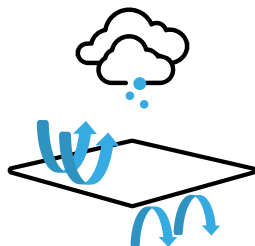


estanquidad al viento



estanquidad al aire

BARRIER



impide el paso de agua



impide el paso de vapor



impide el secado

VAPOR



impide el paso de agua

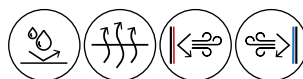


limita el paso de vapor



limita el secado

TRASPIR



impide el paso de agua



permite el paso de vapor



permite el secado



Las láminas **BARRIER** ofrecen una elevada protección contra el paso del vapor, pero no permiten el secado de los materiales en caso de lluvia durante la fase de obra o de errores de instalación.

RIESGO DE CONDENSACIÓN

Para reducir el riesgo de condensación, hay que colocar las láminas para el control de vapor en el lado caliente; esto limita el paso de la humedad a través del elemento constructivo. En el lado frío, hay que colocar las capas aislantes y los materiales más transpirables, que mantienen la estratigrafía a una temperatura más alta y favorecen la dispersión del vapor residual.

LEYENDA:



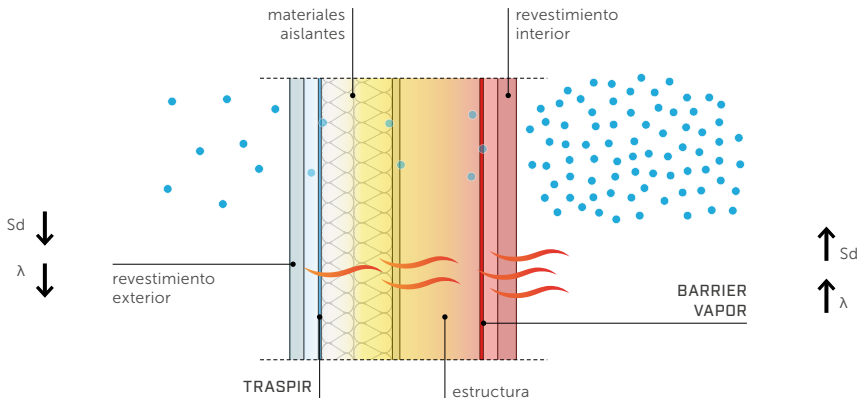
vapor



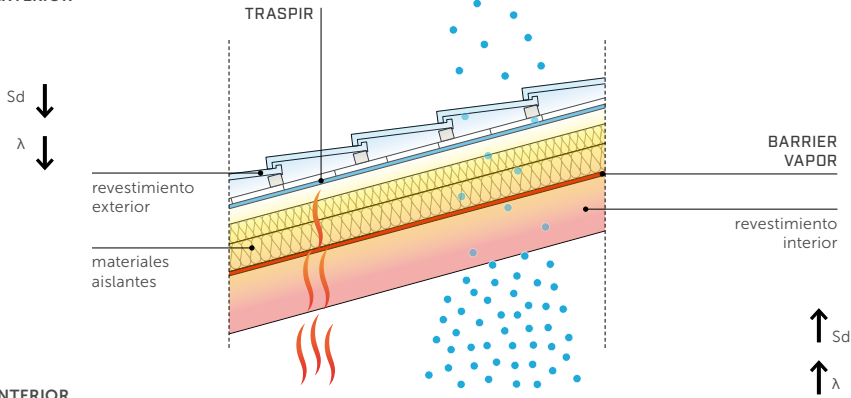
calor

LADO FRÍO

LADO CALIENTE

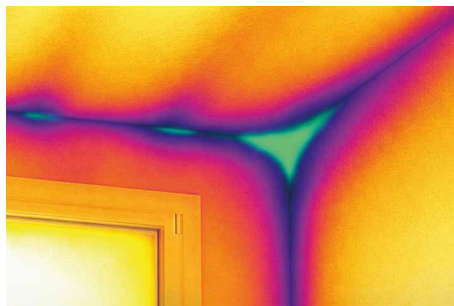


EXTERIOR



PUNTOS FRÍOS

Los puentes térmicos representan discontinuidades geométricas o materiales en la envolvente que alteran la distribución de las temperaturas dentro de los componentes del edificio. Cuando la temperatura de la superficie disminuye por debajo de la temperatura de rocío, aumenta el riesgo de condensación superficial y de moho; si este fenómeno se produce dentro de la estratigrafía, se genera condensación intersticial, que daña los materiales.



HUMEDAD ELEVADA

Cuando la humedad en los materiales o en el ambiente es muy alta, el riesgo de moho y de degradación de los componentes aumenta significativamente. Las principales causas son la falta de láminas que limiten la acumulación de humedad en la estratigrafía, los forjados contraterreno o los sótanos que transfieren la humedad a las plantas superiores, la humedad por capilaridad, las filtraciones, las fugas de las instalaciones y la ventilación insuficiente.



temperatura	25° C	14° C ↓	25° C	25° C
humedad absoluta	11,5 g/m ³	11,5 g/m ³	11,5 g/m ³	23 g/m ³ ↑
humedad relativa	50%	100% ↑	50%	100% ↑



La humedad absoluta depende únicamente de la cantidad de vapor en el aire, mientras que la humedad relativa depende tanto de la cantidad de vapor como de la temperatura. A medida que aumenta la temperatura, el aire puede retener más vapor y la humedad relativa disminuye.

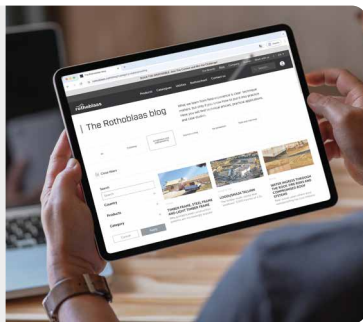
De la teoría a la colocación

En el blog de Rothoblaas encontrarás artículos técnicos sobre impermeabilización que te guiarán en tus elecciones para la obra.

Aquí encontrarás artículos técnicos, aplicaciones concretas y casos de estudio



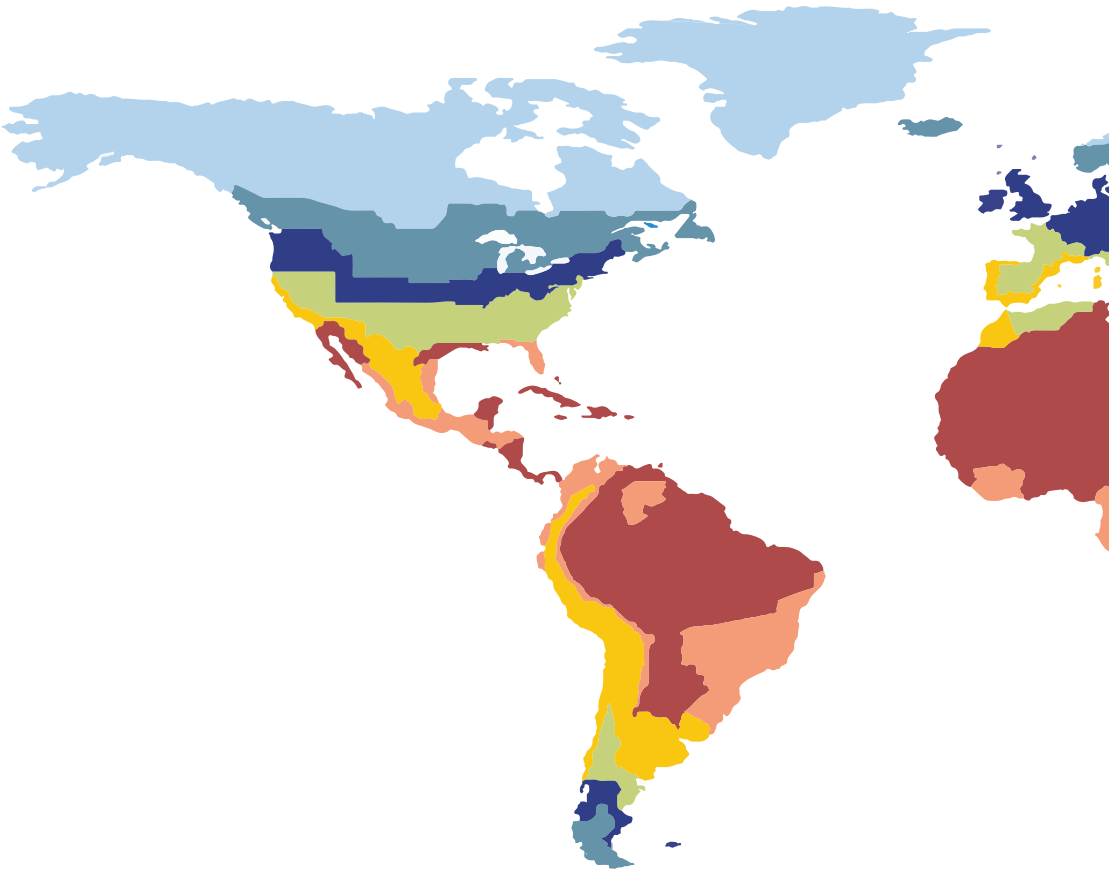
rothoblaas.es



ELECCIÓN DE LA LÁMINA EN FUNCIÓN DE LA ZONA CLIMÁTICA

La elección de la solución más adecuada depende de varios factores: las condiciones climáticas, el sistema de construcción adoptado y el tipo de aplicación prevista.

Para facilitar esta fase de diseño, **en el sitio web de Rothoblaas hay una función específica que permite identificar en unos pocos pasos la estratigrafía más adecuada para cada proyecto.**



ARCTIC CLIMATE
(CLIMA ÁRTICO)

TEMPERATE WARM CLIMATE
(CLIMA TEMPLADO CÁLIDO)

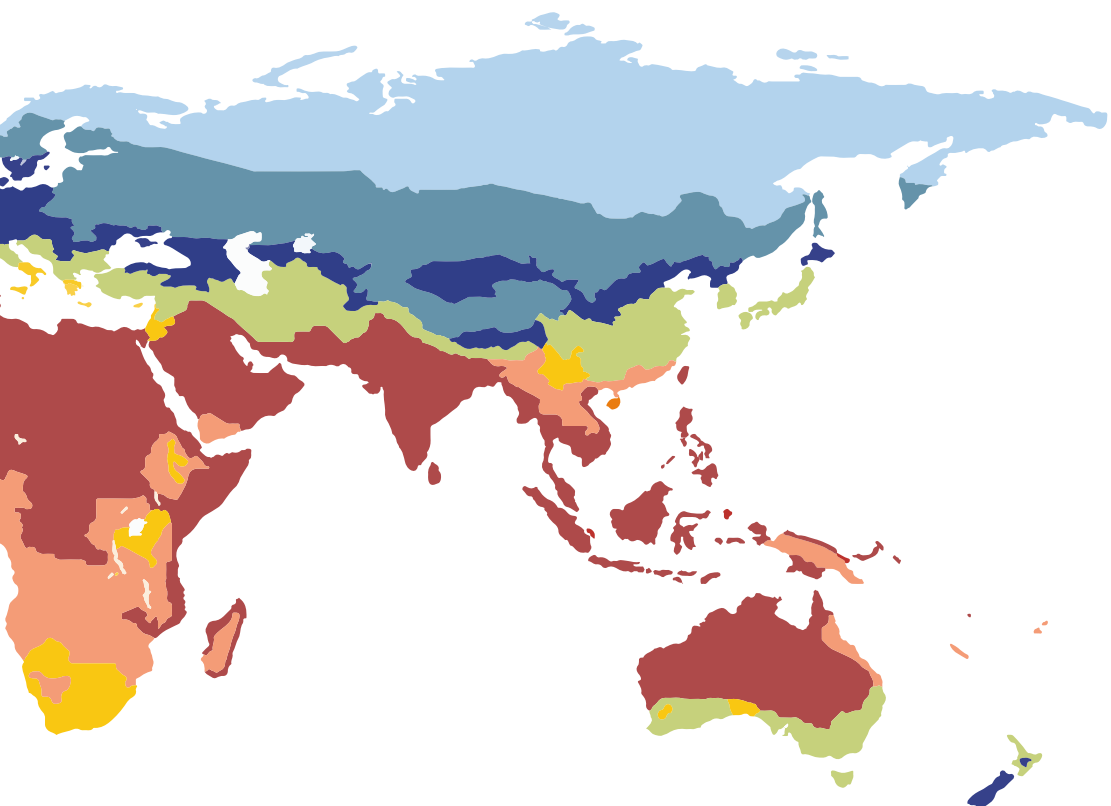
HOT CLIMATE
(CLIMA MUY CÁLIDO)

COLD CLIMATE
(CLIMA FRÍO)

WARM CLIMATE
(CLIMA CÁLIDO)

TEMPERATE COOL CLIMATE
(CLIMA TEMPLADO FRESCO)

HOT CLIMATE
(CLIMA MUY CÁLIDO)



La lámina adecuada para tu obra

Elige la lámina ideal en función de la zona climática
y del sistema de construcción.

Sigue nuestros consejos en:



rothblaas.es



CONDICIONES CLIMÁTICAS

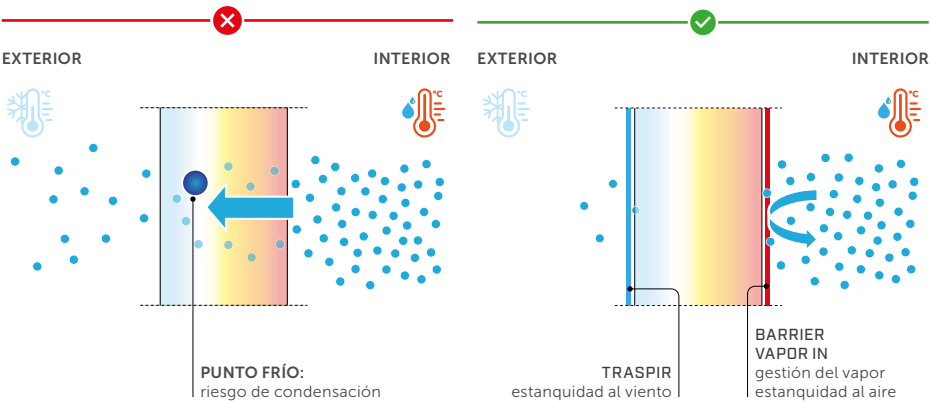
El comportamiento típico de los elementos constructivos varía en función del contexto climático. La información proporcionada es solo orientativa: la elección final de los materiales y su disposición deben verificarse siempre mediante simulaciones termohigrométricas específicas para el proyecto.

LEYENDA:



CLIMAS FRÍOS

Alto riesgo de condensación intersticial en invierno.



La elevada diferencia de temperatura y humedad entre el interior y el exterior obliga al vapor a pasar a través del elemento constructivo hacia las zonas más frías, donde puede alcanzar el punto de rocío y condensarse.

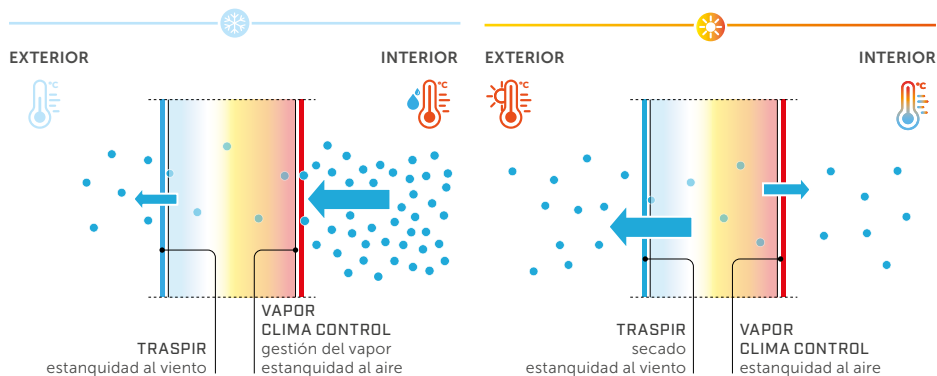
Las barreras y los frenos de vapor en el lado caliente limitan el flujo de vapor, mientras que la lámina transpirable en el lado exterior permite que el vapor residual salga sin condensarse en el interior de la estrategia.



En climas especialmente fríos y húmedos cerca de la costa o de flujos de agua, también es útil prever un freno de vapor en el lado exterior.

CLIMAS TEMPLADOS

Paso de vapor en invierno, posibilidad de secado en verano.

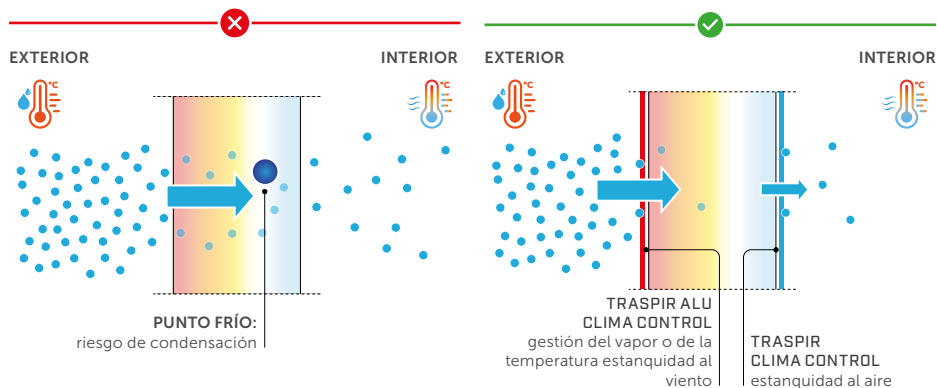


Una menor diferencia de temperatura entre el interior y el exterior reduce el flujo de vapor a través del elemento constructivo. Para evitar fenómenos de condensación, es suficiente un freno de vapor o una lámina de difusión variable.

Cualquier acumulación de humedad en la estratigrafía puede secarse durante el verano, gracias a las condiciones más cálidas y secas que favorecen el paso del vapor.

CLIMAS CÁLIDOS/TROPICALES

Riesgo de condensación intersticial en verano.



El vapor pasa del exterior cálido y húmedo al interior fresco y climatizado.

CLIMA CONTROL se adapta a las condiciones higrométricas de los materiales, lo que garantiza su protección y favorece el secado. **TRASPIR ALU** refleja el calor, con lo cual se reduce la temperatura superficial de los materiales.

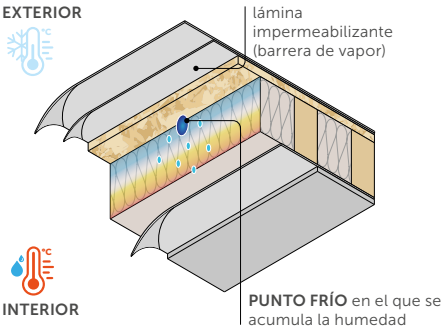


La fiabilidad de las recomendaciones depende del nivel de climatización de las habitaciones y de la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior. Una marcada diferencia de temperatura entre el día y la noche provoca oscilaciones adicionales en los mecanismos de transporte de vapor, lo que aumenta la incertidumbre acerca del comportamiento termohigrométrico de la estratigrafía.

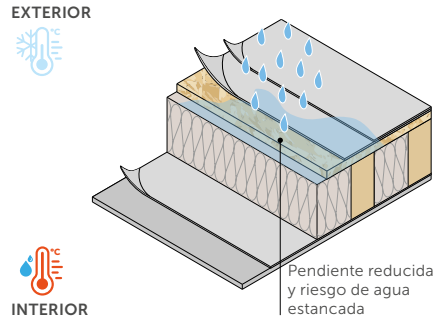
CUBIERTA PLANA



RIESGO DE CONDENSACIÓN



RIESGO DE FILTRACIONES



BARRIER

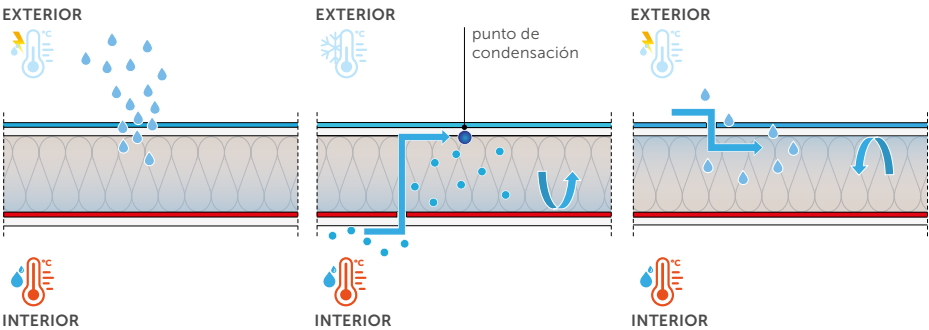
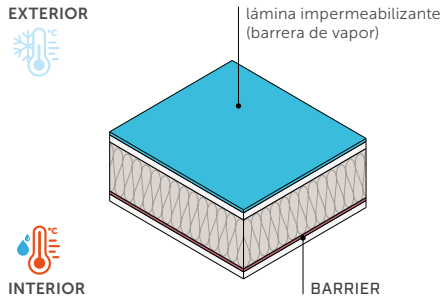
SISTEMA CERRADO:

protección elevada, sin secado.

BARRIER en el lado interior: impide el paso del vapor y evita la formación de condensación.

Este caso puede simularse en régimen estático (método de Glasser) para evaluar la formación de condensación en condiciones climáticas medias y constantes.

NOTA: Todas las perforaciones en la lámina debidas a las fijaciones deben sellarse con cinta y sellante punto clavo, para asegurar la continuidad de la capa y la estanquidad de la barrera.



Durante la fase de obra, el agua de lluvia queda atrapada.

Los errores en la instalación de la barrera de vapor pueden provocar problemas de condensación puntuales.

Las filtraciones no son visibles y no se pueden secar.



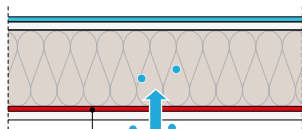
CLIMA CONTROL

SISTEMA SMART: protección media, secado medio.

CLIMA CONTROL: limita el paso del vapor durante el invierno y favorece el secado en verano.

Este caso debe simularse en régimen dinámico, ya que considera la tendencia real y variable de la temperatura y de la humedad a lo largo del tiempo y ofrece una evaluación más precisa, que incluye también los procesos de secado.

EXTERIOR

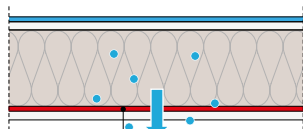


freno de vapor en
invierno



INTERIOR

EXTERIOR

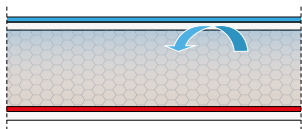


transpirable en
verano

INTERIOR



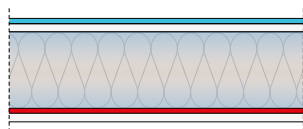
EXTERIOR



INTERIOR

Un aislante no transpirable no permite el secado.

EXTERIOR



INTERIOR

Los veranos con poco sol no favorecen el proceso de secado.

Más información en el capítulo "ESCORRENTÍA Y DESVÍO DE LAS AGUAS METEÓRICAS" en la pág. 156



¿SABÍAS QUE...?

Para cubiertas planas de madera, es preferible prever una estructura portante a la vista con entablado continuo, ya que esto limita la acumulación de humedad en el interior de la estructura y garantiza unas condiciones favorables para la inspección y el secado de los elementos de madera, evitando configuraciones cerradas y difíciles de controlar.

Para más información sobre los ensayos de CLIMA CONTROL, véase el catálogo "CINTAS, LÁMINAS, SELLANTES Y PROTECCIÓN CONTRA EL FUEGO", disponible en el sitio web www.rothoblaas.es.

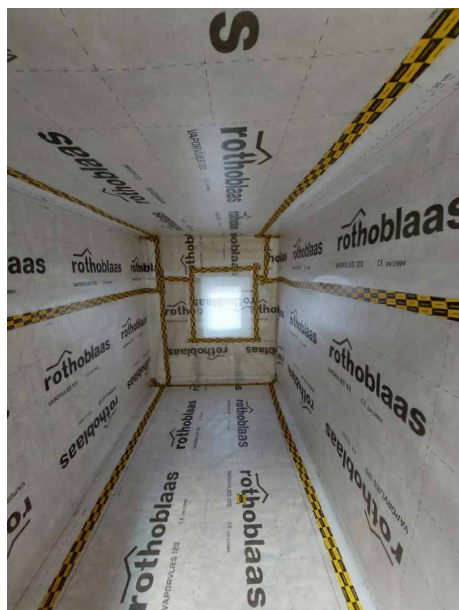


Lámina correctamente instalada con solapamientos adecuados y bien encintados, capaz de garantizar la continuidad de la capa y la estanquidad al aire.



Blower-Door-Test realizado en la fase intermedia, antes de las instalaciones y de los acabados, para comprobar la continuidad de la capa de estanquidad al aire.



Barrera autoadhesiva aplicada en condiciones meteorológicas adecuadas, con instalación continua y solapamientos correctamente ejecutados.



Barrera de vapor instalada sin encintado de las uniones y con posible reducción de las prestaciones de estanquidad al aire y control del vapor.



Barrera de vapor dañada en varios puntos por las instalaciones y por fijaciones no encintadas, sin restablecimiento de la continuidad de la capa



Barrera de vapor muy dañada y reparada con intervenciones mínimas y no continuas, que reducen la eficacia de la capa.

Para más detalles, consulta "CONSEJOS DE APLICACIÓN: LÁMINAS INTERNAS"

Disponible en la sección
Catálogos del sitio web
www.rothoblaas.es.



LÁMINAS PARA LA ESTANQUIDAD AL VIENTO

1 ELIGE LÁMINAS DE CALIDAD (MONOLÍTICAS)



Las láminas certificadas y ensayadas para ser resistentes a los agentes atmosféricos garantizan protección y durabilidad. El uso de láminas monolíticas y de mayor gramaje aumenta la durabilidad y la resistencia a la abrasión, lo que reduce el riesgo de rotura.



Los productos no certificados o económicos se degradan rápidamente y no garantizan una protección adecuada.

2 PROGRAMA LA OBRA PARA LIMITAR LA EXPOSICIÓN A LOS AGENTES ATMOSFÉRICOS



Exposición limitada para prevenir la degradación prematura de la lámina y reducir el estrés en los encintados. Reducción del riesgo relacionado con fenómenos meteorológicos intensos e instalación en condiciones secas, sin viento fuerte ni lluvia, para evitar la humedad en el interior de la estratigrafía.



Una exposición prolongada acelera la degradación de la lámina y aumenta el estrés en los encintados y el riesgo asociado a los fenómenos meteorológicos repetidos. Los fuertes vientos, las lluvias intensas, los temporales y los fenómenos meteorológicos extremos durante la fase de obra aumentan el riesgo de daños y de filtraciones.

3 ASEGURA LA CONTINUIDAD DE LA LÁMINA



Continuidad de la capa garantizada mediante solapamientos adecuados según la pendiente, encintados realizados correctamente y sellado de todos los agujeros hechos en la lámina, incluidos los de las fijaciones.



Si no se sellan los agujeros y los solapamientos no son encintados, se compromete la continuidad y la estanquidad al aire y al agua, lo que favorece las filtraciones y la degradación prematura.

4 REALIZA SISTEMAS VENTILADOS Y EVITA EL SOBRECALENTAMIENTO



Sistema de ventilación eficiente para favorecer la disipación del calor y el secado rápido de la estratigrafía.



La falta de ventilación o una ventilación insuficiente provocan sobrecalentamiento, degradación acelerada y reducción de la capacidad de secado.

5 ELIGE SOPORTES COMPATIBLES



Soporte estable y conforme (por ejemplo, paneles, superficies regulares, láminas, etc.), sin productos químicos, aceites, grasas ni disolventes.



Un soporte irregular o incompatible provoca arrugas, tensiones y pérdidas de estanquidad. La presencia de productos químicos, aceites, grasas y disolventes puede comprometer el film funcional.

FACHADA VENTILADA

FACHADA DE JUNTAS ABIERTAS: PROTEGE DE LOS RAYOS UV

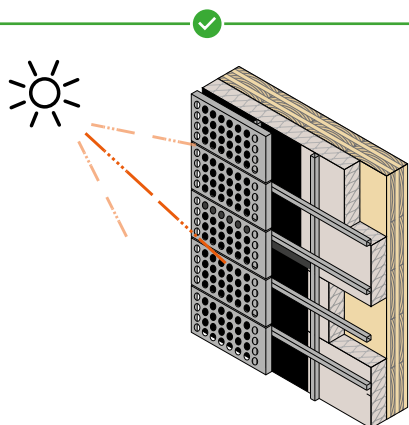
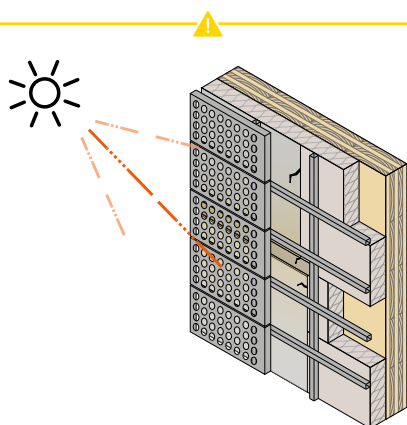


Lámina certificada para la exposición permanente a los rayos UV, estable a largo plazo.



Una lámina que no es resistente a los rayos UV se degrada prematuramente y pierde prestaciones.

FACHADA DE JUNTAS CERRADAS: PROTEGE LA CAPA AISLANTE

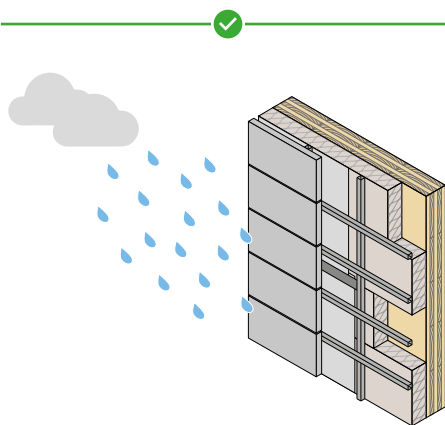
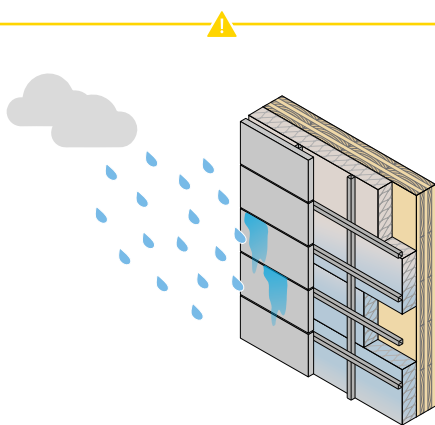


Lámina transpirable asegura la protección y la durabilidad de toda la estratigrafía, incluso en caso de roturas accidentales y pequeñas filtraciones.

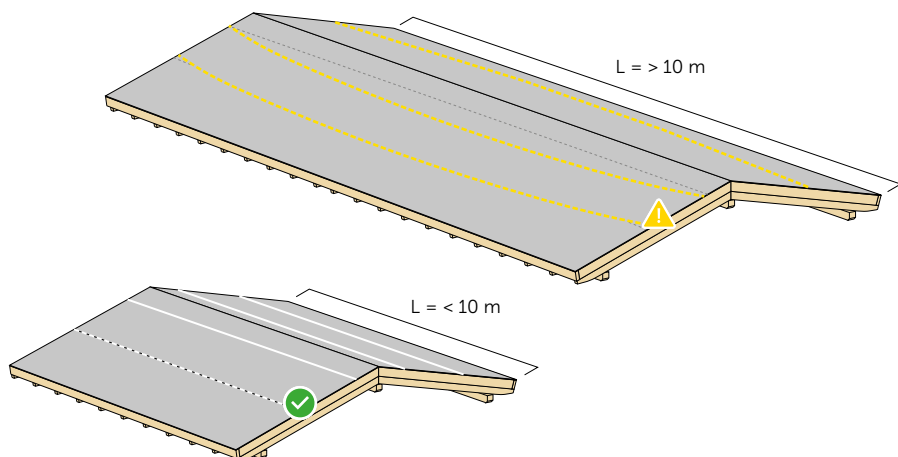


La ausencia de una lámina expone la fachada a filtraciones y al deterioro de las prestaciones de la capa aislante.

Más información en el capítulo "APLICACIÓN DE CINTAS, LÁMINAS Y ESPUMAS" en la pág. 118

CUBIERTA DISCONTINUA

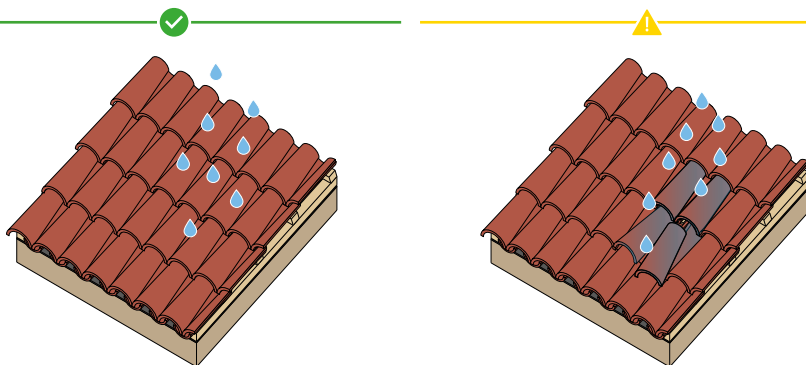
EVALÚA LA LONGITUD DE LA VERTIENTE



Las vertientes de poca longitud ($< 10 \text{ m}$) facilitan la gestión durante la fase de aplicación y reducen las solicitaciones en el sistema.

Las vertientes largas ($> 10 \text{ m}$) aumentan el riesgo de que la lámina se deforme y se deslice, y requieren fijaciones reforzadas y una atención especial a los encintados.

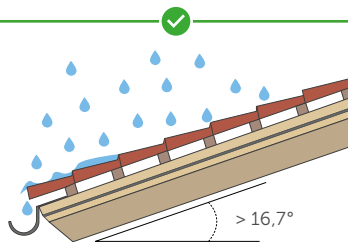
EXAMINA LA CAPA IMPERMEABLE FINAL



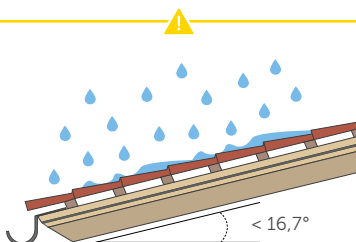
Cubierta nueva y conforme con las especificaciones (por ejemplo, tejas o metal) para una protección óptima.

Las cubiertas rehabilitadas o con elementos no impermeables (por ejemplo, tejas) o con una pendiente inferior a la certificada aumentan el riesgo de filtraciones.

CONSIDERA LA PENDIENTE DE LA CUBIERTA

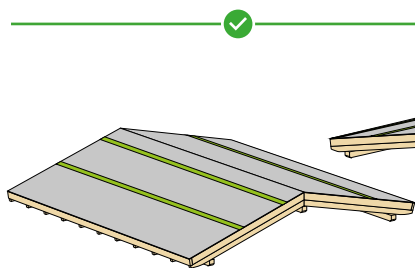


Una pendiente superior al 30 % ($\approx 16,7^\circ$) favorece el drenaje rápido del agua. En caso de poca pendiente, se requieren láminas con mayor gramaje y aumentar la zona de solapamiento.

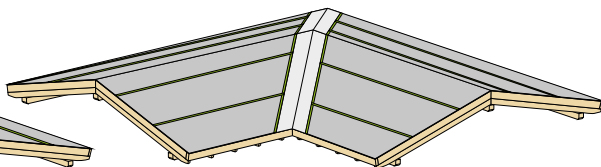


Una pendiente inferior al 30 % ralentiza el drenaje del agua y aumenta el riesgo de filtraciones. Las pendientes pronunciadas y unas prestaciones mecánicas de la lámina deficientes aumentan el riesgo de rotura.

COMPRUEBA LA COMPLEJIDAD DE LA CUBIERTA

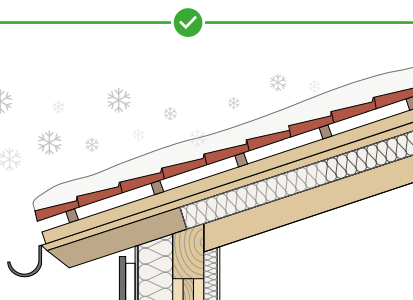


Una geometría simple y lineal facilita la instalación y reduce el riesgo de errores. Las geometrías complejas (por ejemplo, limahoyas, esquinas o conexiones) requieren la definición de detalles para reducir los riesgos.

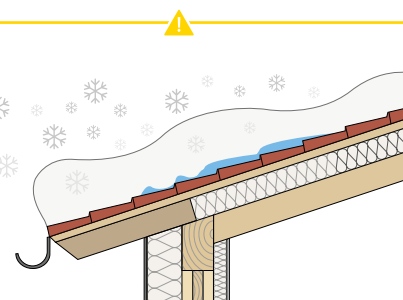


Las geometrías complejas (por ejemplo, limahoyas, esquinas o conexiones) mal diseñadas aumentan el riesgo de estancamiento y de defectos de instalación.

EVITA LA ACUMULACIÓN DE NIEVE



Acumulación de grandes cantidades de nieve pueden ser evitadas mediante una cubierta con una pendiente adecuada y a un drenaje eficiente, que evita el estancamiento de agua y favorece su escurrimiento.

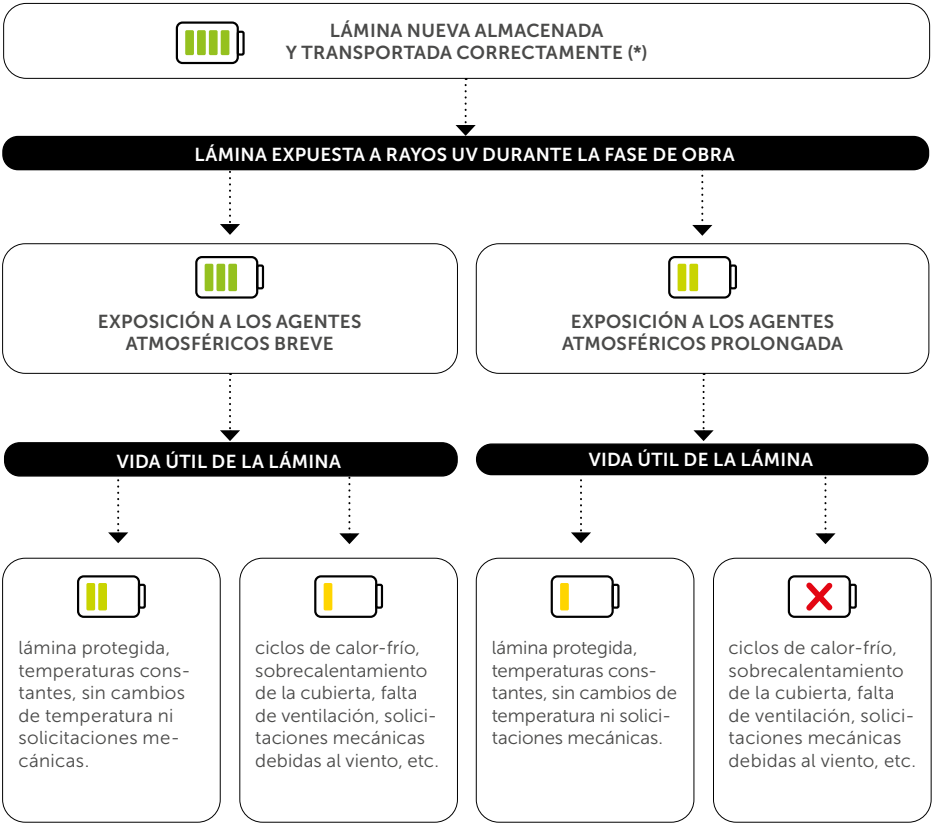


La nieve acumulada en la cubierta aumenta la retención de agua y ralentiza su drenaje. El riesgo de filtraciones aumenta especialmente con pendientes reducidas, detalles complejos, falta de ventilación o láminas mal instaladas.

LIMITA LA EXPOSICIÓN A LOS AGENTES ATMOSFÉRICOS Y UTILIZA LÁMINAS MONOLÍTICAS

PRESERVA LA LÁMINA

Durante la fase de obra, las láminas están expuestas a numerosas solicitudes que pueden comprometer su funcionalidad. Una gestión adecuada en obra permite que la lámina mantenga sus prestaciones a largo plazo y garantiza la durabilidad del sistema de construcción.



 (*) Las altas temperaturas, el almacenamiento en el exterior, los cambios de temperatura y los largos períodos de almacenamiento pueden comprometer la funcionalidad de la lámina.

DURABILIDAD DE LAS LÁMINAS

Las láminas son materiales plásticos compuestos de polímeros, cadenas moleculares que determinan sus propiedades de resistencia y flexibilidad.

Para garantizar la durabilidad de la lámina a largo plazo, es fundamental limitar los fenómenos de degradación que puedan producirse debido a la interacción con:



productos químicos



estrés mecánico



rayos UV



temperatura

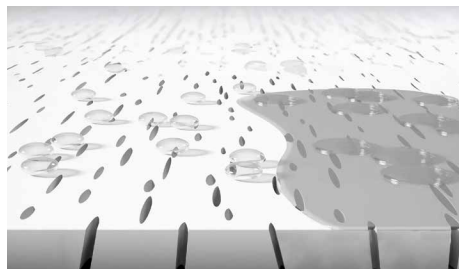


PRODUCTOS QUÍMICOS

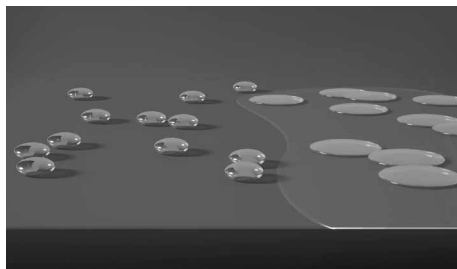
Muchos productos que se encuentran a diario en la obra pueden liberar tensioactivos que reducen la tensión superficial de los líquidos y comprometen la estanquidad de las láminas.



MICROPOROSAS



MONOLÍTICAS

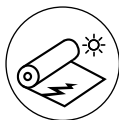


Las sustancias que contienen tensioactivos reducen la tensión superficial de los líquidos y penetran más fácilmente en los materiales, lo que compromete la impermeabilidad de los films microporosos.

TENSIOACTIVOS

- detergentes y desengrasantes
- lubricantes y productos para el mantenimiento de herramientas
- aditivos para hormigón
- disolventes y diluyentes
- pinturas y primers

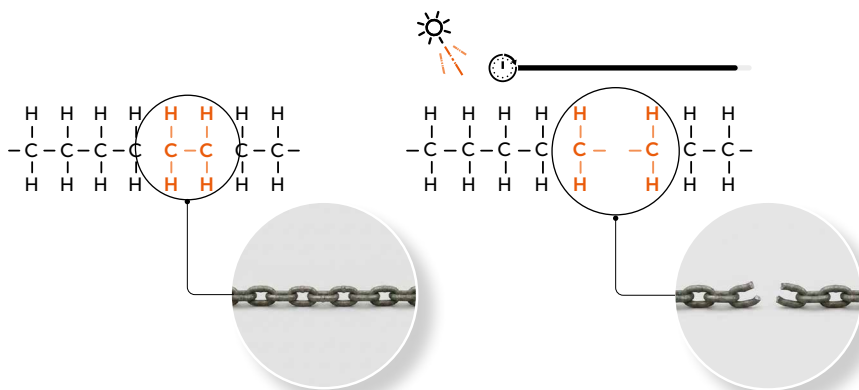
Las láminas monolíticas poseen un film funcional continuo: su transpirabilidad está ligada a un proceso químico y no a una estructura porosa. Por este motivo, la presencia de tensioactivos no compromete su estanquidad.



UV + ESTRÉS MECÁNICO

Los polímeros son materiales sensibles a la radiación UV, que puede degradar progresivamente su estructura molecular. La exposición a los rayos ultravioleta altera los enlaces químicos de las cadenas poliméricas, lo que provoca pérdida de resistencia mecánica, rigidez, fragilidad y cambios de color.

Para garantizar la durabilidad, se utilizan polímeros nobles con mayor resistencia a los rayos UV (acrilato y monolítico), estabilizados con aditivos que difunden la radiación solar.



LÁMINAS

MICROPOROSAS

MONOLÍTICAS



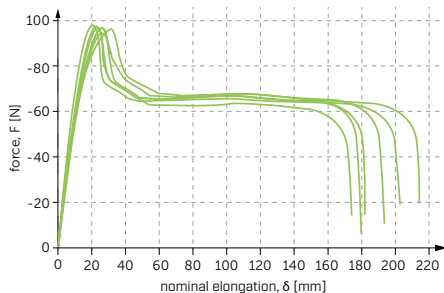
Las láminas microporosas, al igual que las tradicionales pinzas de tender de plástico rígido, funcionan bien inicialmente, pero tienden a endurecerse, agrietarse y romperse cuando se exponen al sol durante demasiado tiempo, porque su estructura es más sensible a los rayos UV.

Las láminas monolíticas, comparables a las pinzas de tender blandas y más elásticas, conservan su flexibilidad con el paso del tiempo y resisten mejor la exposición al sol. Los polímeros utilizados en las láminas monolíticas tienen una mayor resistencia a los rayos UV, no sufren estrés durante la fase de producción y mantienen su elasticidad y estanquidad incluso después de exposiciones prolongadas.

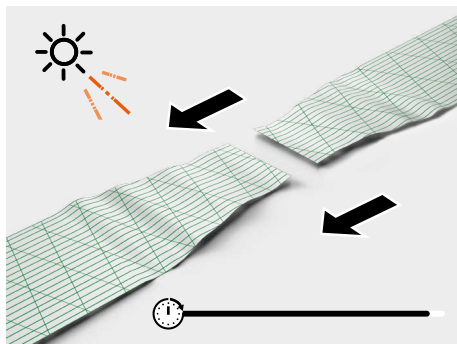
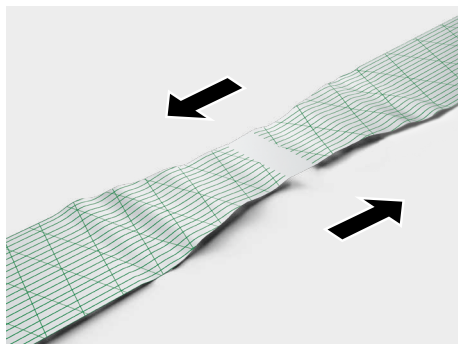
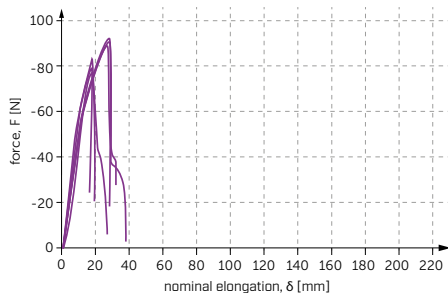
CINTAS

Tras el envejecimiento por rayos UV, la resistencia máxima de las cintas con malla de refuerzo permanece prácticamente inalterada en comparación con el material no expuesto. La principal diferencia está en la deformación: el carrier pierde elasticidad y el alargamiento máximo se reduce de manera significativa. La cinta se rompe al alcanzar la fuerza máxima, debido a la rotura de la malla de refuerzo y a la pérdida de deformabilidad del carrier.

CINTA NO EXPUESTA A RAYOS UV



CINTA EXPUESTA A RAYOS UV



Envolvente de la construcción

Estanquidad al aire y al viento y protección contra el fuego en fachadas y cerramientos.

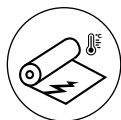
Una envolvente bien diseñada reduce el consumo de energía, mejora el confort y aumenta la durabilidad de los materiales.

Reduce los riesgos y mejora la calidad de la construcción



rothoblaas.es





ALTAS TEMPERATURAS + ESTRÉS MECÁNICOS

Los polímeros son sensibles a las altas temperaturas porque el aumento de la movilidad de las cadenas moleculares reduce su estabilidad y la resistencia mecánica. El calor puede provocar deformaciones y degradación, lo que conlleva una pérdida de funcionalidad.



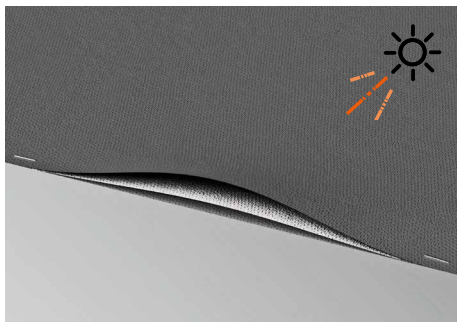
MICROPOROSAS



En el proceso de fabricación de films microporosos, el material se somete a un estiramiento que orienta las cadenas poliméricas y genera tensiones residuales, lo que aumenta la rigidez de la lámina. Cuando la lámina se expone a altas temperaturas, estas tensiones pueden relajarse y el polímero tiende a recuperar parcialmente su configuración inicial. La mayor sensibilidad térmica de las láminas microporosas respecto a las monolíticas hace que sean menos estables a largo plazo.



MONOLÍTICAS



En el proceso de producción de láminas monolíticas no se crea estrés mecánico ni térmico. Además, los polímeros utilizados para fabricar nuestros films monolíticos tienen temperaturas de transición vítrea más altas, por lo que son más resistentes a las sollicitaciones térmicas.



¿SABÍAS QUE...?

Durante la fabricación de láminas microporosas, el estiramiento de los polímeros alinea las cadenas moleculares y hace que el material sea más rígido. Con el calor, las cadenas tienden a volver a su configuración inicial, lo que provoca la contracción del material. En las láminas microporosas, este movimiento es impedido por las fijaciones, lo que genera tensiones que pueden provocar la rotura del film.



Para más información sobre este tema, consultar el documento WCTE en el sitio web www.rothoblaas.es.

ELECCIÓN EN FUNCIÓN DE LAS PRESTACIONES

En función de las condiciones climáticas y de las características de la construcción, algunas normativas nacionales proporcionan indicaciones para elegir la lámina en función del tipo, las prestaciones mecánicas y el gramaje. A continuación, se proporcionan algunos consejos prácticos para elegir la lámina más adecuada para cada proyecto, elaborados a partir de las principales recomendaciones nacionales.

En condiciones de obra adversas, que requieren una alta protección contra los agentes atmosféricos, **TRASPIR WELD EVO 360** permite crear una capa continua soldada extremadamente impermeable al agua.

La elección de la lámina en función de la pendiente se rige por diversas normativas nacionales. Estas recomendaciones se han elegido para simplificar la aplicación y la selección de la lámina.

inclinación > 80 % (38,6°)

inclinación < 30 % (16,7°)



Resistencia a la tracción
MD > 300 N/50 mm



Gramaje ≥ 200 g/m²



Resistencia a desgarro
por clavo > 225 N

En las fachadas, el criterio de selección predominante no son las prestaciones mecánicas, sino la estabilidad a los rayos UV y las prestaciones al fuego, para limitar la propagación de las llamas.

Para más información sobre TRASPIR WELD EVO 360, véase el catálogo "CINTAS, LÁMINAS, SELLANTES Y PROTECCIÓN CONTRA EL FUEGO", disponible en el sitio web www.rothoblaas.es.



Las láminas Rothoblaas, con marcado CE según las normas EN 13984 y EN 13859, son elementos impermeables de estanquidad al aire y al viento, capaces de canalizar el agua meteórica en caso de roturas o desplazamientos accidentales de la capa impermeable superior. Esta función tiene como finalidad la seguridad y busca limitar los daños, sin sustituir la capa impermeable final (tejas, elementos metálicos o placas), que es la única responsable de la estanquidad al agua de la cubierta. Por este motivo, no existe una pendiente mínima específica para las láminas: la pendiente que se debe respetar es la prevista por el sistema de cubierta adoptado.



Lámina adhesiva encintada en los puntos críticos.

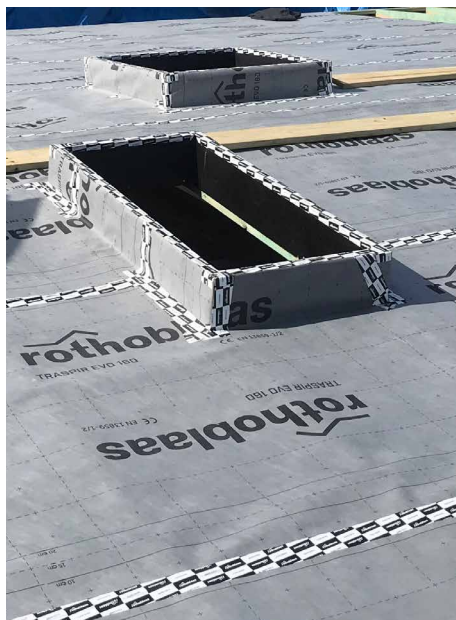


Lámina encintada correctamente, también en el cerramiento.



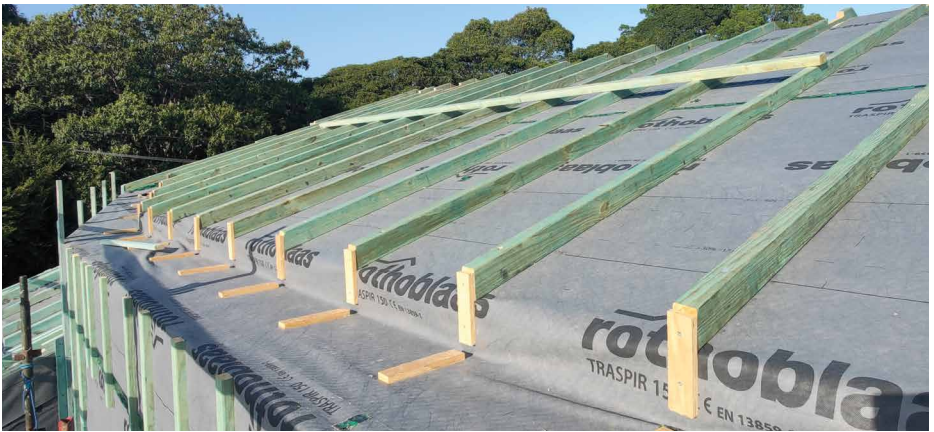
Lámina instalada correctamente a partir de la parte inferior, con continuidad de la capa asegurada mediante cintas y sellado del clavo.



Lámina no encintada y falta de sellado del clavo.



Uniones verticales alineadas crean una línea que facilita las filtraciones.
Falta de encintado en los extremos y en las fijaciones.



Falta de sellado del clavo, sobre todo en las zonas con poca pendiente.

APLICACIÓN DE CINTAS, LÁMINAS Y ESPUMAS

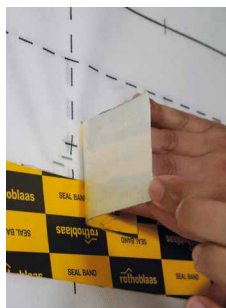
La correcta aplicación de láminas y cintas, elementos para la estanquidad al aire y al viento y para el control del vapor, es fundamental para garantizar la duración de la estratigrafía y del edificio.

TENSIÓN DE MONTAJE Y SOLAPAMIENTOS



Crear un solapamiento adecuado, dimensionado en función del tipo de detalle:

- 10 cm - pared y cubiertas muy inclinadas
- 20 cm - unión expuesta, conexión pared-forjado y cubiertas poco inclinadas.



Asegurar la continuidad del sellado: un solo agujero sin sellar compromete la estanquidad de toda la lámina. Prestar atención a las intervenciones hechas tras aplicar la lámina (por ejemplo, instalaciones), ya que pueden crear discontinuidades en el sellado.



Para la fijación al suelo, las cintas con el liner precortado o fácilmente separable facilitan la instalación.



Láminas adhesivas: presionarlas con un rodillo o una espátula para obtener una correcta adhesión a la superficie.

Descarga “CONSEJOS DE APLICACIÓN: LÁMINAS INTERNAS” para información completa.
Disponible en el sitio web www.rothoblaas.es



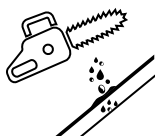
Tensión excesiva: riesgo de desgarro en la zona de las fijaciones por efecto de las dilataciones térmicas. También pueden surgir problemas en la adhesión de las cintas de sellado.



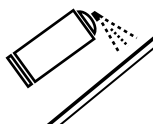
Tensión insuficiente: formación de hundimientos, con acumulación de agua, solicitaciones excesivas en las cintas y puntos clavo, y mayor vulnerabilidad al viento.

PROTEGE LA LÁMINA DURANTE Y DESPUÉS DE LA APLICACIÓN

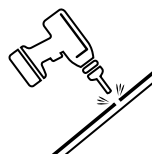
Principales riesgos para la lámina en la fase posterior a la aplicación, antes de terminar el paquete constructivo:



agentes químicos agresivos,
por ejemplo, aceite motor



productos a base de solventes,
por ejemplo, rotuladores o spray



daños mecánicos,
por ejemplo, perforaciones o virutas a altas temperaturas

Directrices para la aplicación: una referencia técnica

Escanea el código QR
para descargar



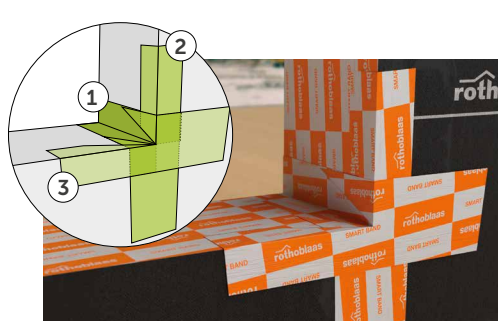
rothoblaas.es



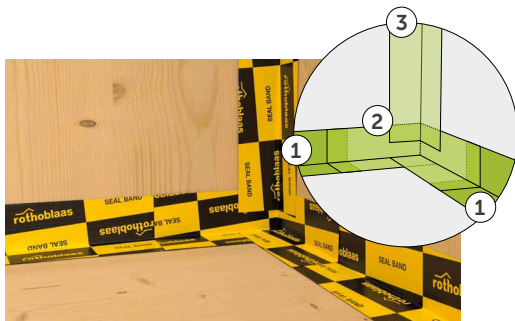
PUNTOS CRÍTICOS DE APLICACIÓN

Algunos nudos están sometidos a mayores solicitaciones mecánicas y a un riesgo elevado de contacto con el agua.

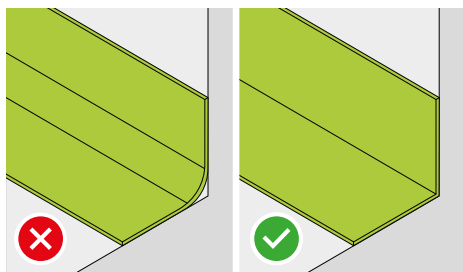
Prestar especial atención durante la fase de aplicación.



Implementar sistemas redundantes. Una cinta elástica y deformable facilita el sellado de los puntos críticos.



Utilizar cintas moldeables para las esquinas.



Prestar atención a las esquinas: una cinta que no se ajuste correctamente a las esquinas será más propensa a dañarse.



Utilizar una sola cinta de anchura adecuada en vez de varias cintas estrechas colocadas una al lado de otra. Las uniones entre las cintas son puntos potencialmente débiles.



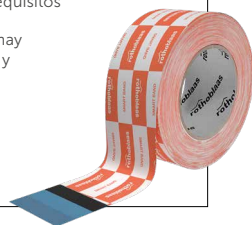
Proteger las secciones superiores y los vanos de los cerramientos con productos adecuados (por ejemplo, FLASHING TAPE).

ROTHOBLAAS RECOMIENDA

SMART BAND

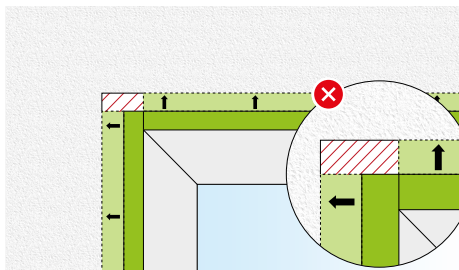
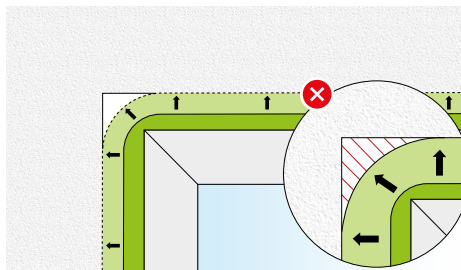
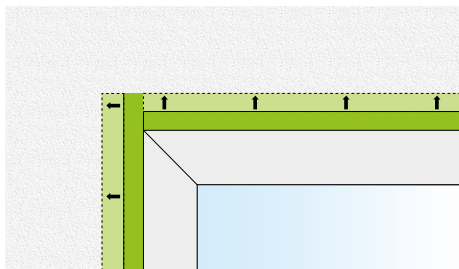
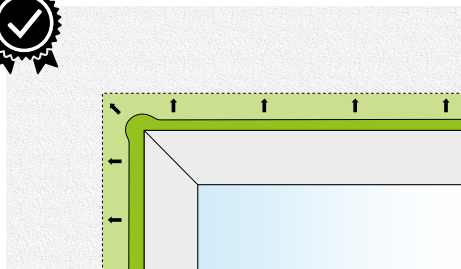
CINTA MONOADHESIVA UNIVERSAL CON LINER DIVISIBLE

Cinta para sellar puertas y ventanas exteriores, conforme con los requisitos para uso en exteriores. También es adecuada cuando hay agua estancada, lluvia batiente y perforaciones.



CINTAS EXPANDIBLES

Comprobar que la cinta pueda expandirse y sellar correctamente las partes en las esquinas.

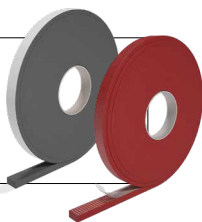


Unir los dos extremos de la cinta con un corte de 45° para permitir una correcta expansión y un sellado óptimo.



ROTHOBLAAS RECOMIENDA

EXPAND BAND
CINTA SELLANTE
AUTOEXPANDIBLE



WINDOW BAND
CINTA SELLANTE
AUTOEXPANDIBLE
PARA CERRAMIENTOS



ELECCIÓN DEL PRODUCTO ADHESIVO

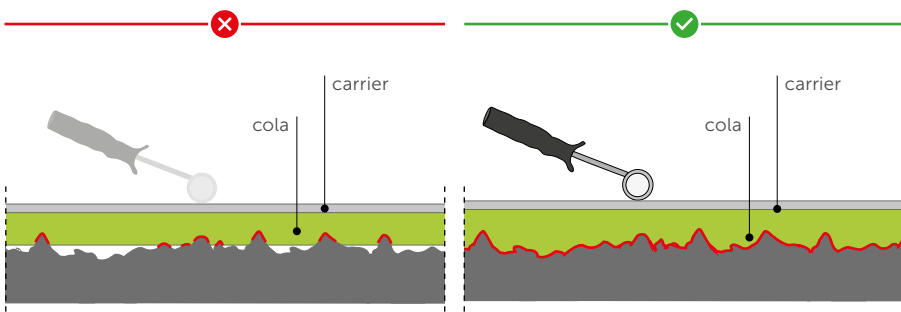
El producto adhesivo debe elegirse teniendo en cuenta la función, el soporte, las temperaturas de aplicación y de servicio y el nivel de exposición a los agentes atmosféricos y a las radiaciones UV.

El producto elegido debe aplicarse correctamente.



PSA – PRESSURE SENSITIVE ADHESIVE

Para que los productos adhesivos funcionen correctamente, deben aplicarse ejerciendo presión con un rodillo o una espátula.



TIPO DE ADHESIVOS

Los adhesivos se dividen en diferentes familias, caracterizadas por propiedades y ámbitos de uso diferentes. La elección depende de la función, el soporte, las temperaturas de aplicación y de servicio y la exposición a los agentes atmosféricos.

	ACRÍLICO	BUTÍLICO	BITUMINOSO
adherencia inicial	★★★★★	★★★★★	★★★★★
adhesión máxima	★★★★★	★★★★★	★★★★★
resistente al agua	✗	✓	✓
temperaturas bajas	✓	⚠	⚠
compatibilidad con los soportes	★★★★★ ⁽¹⁾	★★★★★ ⁽¹⁾	★★★★★ ⁽¹⁾

Las prestaciones varían en función de la formulación específica de la mezcla adhesiva.

⁽¹⁾ Véase la tabla de compatibilidades completa en el catálogo "CINTAS, LÁMINAS, SELLANTES Y PROTECCIÓN CONTRA EL FUEGO"

PRIMER: CUÁNDO Y CÓMO USARLO

El primer da uniformidad a la superficie y mejora la adhesión, sobre todo en soportes porosos, rugosos o difíciles de limpiar.

TIPOS DE ADHESIVO

- **Primers acrílicos**
Compatibles con adhesivos acrílicos, poliuretánicos, MS polímeros y butílicos.
- **Primers bituminosos**
Para sistemas bituminosos y cintas o sellantes butílicos.

TIPOS DE BASE

- **Base solvente**
Secado rápido y buena mojabilidad, incluso en superficies relativamente lisas.
- **Base agua**
Secado más lento, indicada para soportes porosos e interiores.

NOTA: Aplicar el adhesivo tan pronto como el primer esté seco: la eficacia del tratamiento disminuye con el tiempo.

ROTHOBLAAS RECOMIENDA

PRIMER

BASE UNIVERSAL PARA CINTAS ADHESIVAS ACRÍLICAS

- Compensa las irregularidades de la superficie y mejora la adhesividad de todas las cintas y adhesivos.



PRIMER SPRAY

BASE UNIVERSAL SPRAY PARA CINTAS ADHESIVAS ACRÍLICAS

- Permite uniformizar incluso las superficies más rugosas y fibrosas para poder aplicar encintados o sellantes.



BYTUM PRIMER

BASE UNIVERSAL PARA LÁMINAS Y CINTAS BITUMINOSAS

- Base acuosa
- Forma una capa de anclaje resistente



BYTUM SPRAY

LÁMINA BITUMINOSA SELLANTE SPRAY

- También se puede utilizar como primer
- Se adhiere a cualquier tipo de material y forma, incluyendo cubiertas, canalones, terrazas, tragaluces y tubos de desagüe de PVC o metálicos.

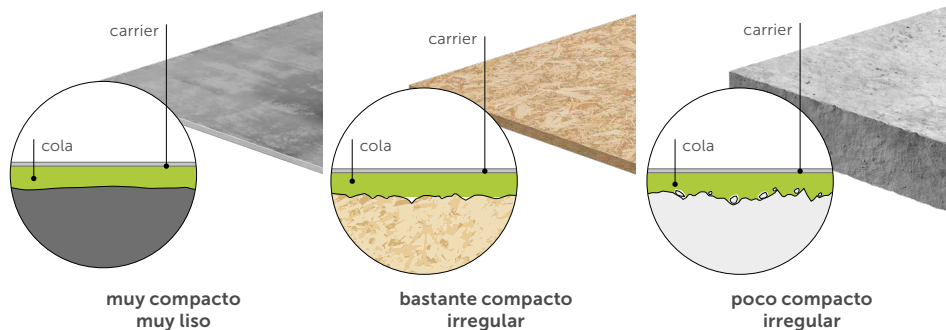


Para más información, véase el catálogo "CINTAS, LÁMINAS, SELLANTES Y PROTECCIÓN CONTRA EL FUEGO", disponible en el sitio web www.rothoblaas.es

CONDICIONES DE LAS SUPERFICIES

SUPERFICIE COMPACTA

Toda la superficie adhesiva de la cinta debe estar en contacto con el sustrato. Las superficies gruesas, polvorientas o irregulares reducen drásticamente la superficie de contacto real.



Cuando las superficies están poco cohesionadas o están contaminadas con residuos, como serrín, polvo o aceite, el adhesivo tiende a pegarse a las partículas superficiales en vez de pegarse al sustrato estable subyacente.



HUMEDAD DEL SOPORTE



Película de agua: la cinta flota sobre la capa de agua sin adherirse a la superficie.



Agua o humedad atrapada: la evaporación provoca que la cinta o la lámina adhesiva se despegue. Incluso los productos transpirables pueden verse afectados inicialmente por este fenómeno.



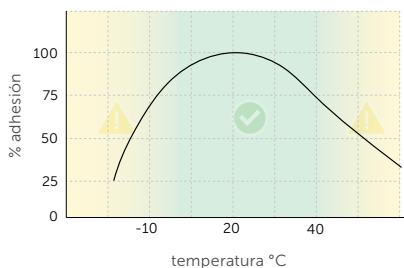
Exposición prolongada a humedad elevada: posible rehidratación de las colas a base de agua y pérdida de adhesión.



En condiciones de viento, la cola acrílica se secará más deprisa antes de fraguar y puede estresar la cinta antes de que se adhiera por completo. En condiciones de viento, trabajar por tramos cortos y presionar de inmediato.

TEMPERATURA

APLICACIÓN EN OBRA



⚠ Antes de la aplicación, comprobar que las temperaturas del aire y del soporte se encuentren dentro de los rangos indicados por el fabricante.



Temperatura demasiado alta: la cinta se ablanda, se contrae y puede formar ondulaciones, desprendiéndose del soporte y dejando al descubierto la cola.



Temperatura demasiado baja: la cinta y la cola se vuelven rígidas, con una adhesión limitada y una menor capacidad de adaptarse a los movimientos del soporte. Alta probabilidad de despegado.

ALMACENAMIENTO

Incluso durante el almacenamiento es necesario prestar atención a las condiciones climáticas y adoptar precauciones específicas:



Mantener a la temperatura prevista



Proteger de la exposición a los rayos de sol



Proteger de la humedad elevada



Conservar en su empaque original hasta su uso

NOTA: Limitar el período de almacenamiento reduce el riesgo de deterioro y preserva la eficacia del producto durante su uso.



La exposición prolongada a temperaturas elevadas supone un mayor riesgo que la exposición a temperaturas bajas.

ESPUMAS POLIURETÁNICAS

La espuma poliuretánica es un sellante químico cuya función principal es impermeabilizar, aislar y sellar. Se utiliza en la instalación de cerramientos para rellenar las fisuras y los huecos, o para encolar elementos diferentes, con el fin de evitar filtraciones y fugas de aire.

ALTA EXPANSIÓN



Expansión volumétrica elevada (hasta 3 veces). Ideal para rellenar huecos grandes e irregulares.

uso típico:

- fisuras anchas y bolsas de aire
- relleno de los huecos de las instalaciones

ROTHOBLAAS RECOMIENDA

SMART FOAM

ESPUMA SELLANTE
DE USO GENÉRICO



BAJA EXPANSIÓN



Expansión controlada y reducida. Adecuada cuando es necesario reducir las solicitaciones mecánicas en los materiales.

uso típico:

- instalación de cerramientos (unión cerramiento-marco)
- fisuras estrechas y paso de instalaciones
- zonas donde una expansión excesiva puede producir deformaciones
- mejor aislamiento termoacústico

ROTHOBLAAS RECOMIENDA

FIRE FOAM

ESPUMA POLIURETÁNICA
SELLANTE DE ALTA
RESISTENCIA AL FUEGO



HERMETIC FOAM

ESPUMA POLIURETÁNICA
SELLANTE
FONO AISLANTE

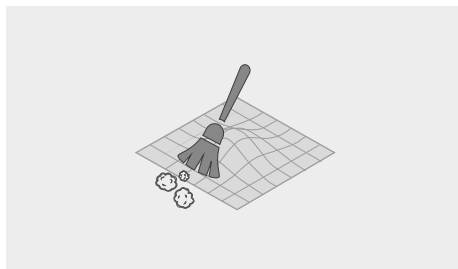


ADHESIVAS

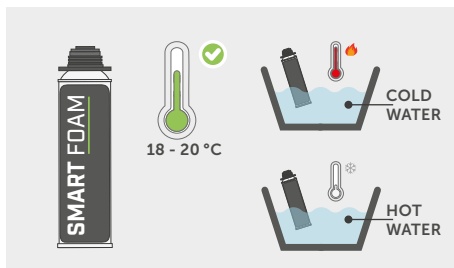
Las espumas adhesivas están formuladas específicamente para el encolado, tienen una expansión muy baja y una composición estudiada para garantizar una elevada adhesión y estabilidad a largo plazo. No están indicadas cuando se requiere un sellado eficaz, ya que rellenan menos los espacios. Por el contrario, las espumas sellantes, incluso de baja expansión, están diseñadas para expandirse y adaptarse a los huecos, por lo que sus prestaciones no son adecuadas para el encolado.

CONSEJOS PARA UNA CORRECTA APLICACIÓN

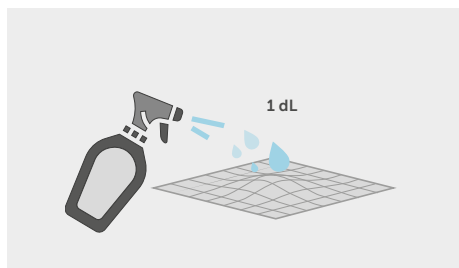
ANTES DE LA APLICACIÓN



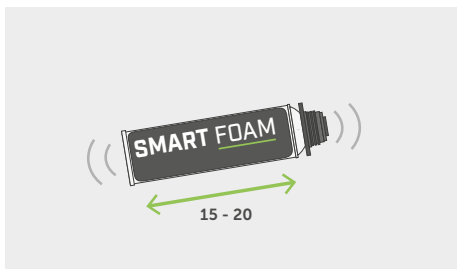
limpiar la superficie



llevar el bote en el rango de uso ideal



humedecer la superficie

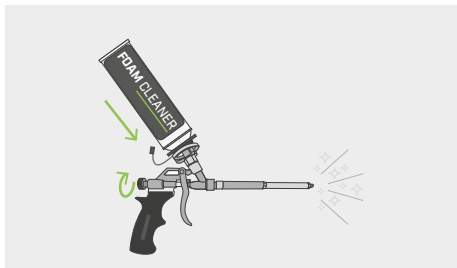


agitar al menos 15-20 veces antes de usar



No llenar todo el hueco: la espuma se expande hasta 3 veces el volumen aplicado; llenar aproximadamente dos tercios del hueco.

DESPUÉS DE LA APLICACIÓN



Limpiar tanto el interior como el exterior de la pistola para evitar obstrucciones y poder reutilizarla.

Para más información, véase el catálogo "CINTAS, LÁMINAS, SELLANTES Y PROTECCIÓN CONTRA EL FUEGO", disponible en el sitio web www.rothoblaas.es

DETALLES CONSTRUCTIVOS

■ DETALLES CONSTRUCTIVOS

Los principales nudos constructivos, como la fijación al suelo, los cerramientos, el drenaje del agua, la ventilación y los pasos de las instalaciones, requieren un diseño detallado. Cualquier discontinuidad representa un posible punto crítico. La calidad del detalle constructivo determina la eficacia global del sistema.

● **FIJACIÓN AL SUELO: DISEÑO DEL NUDO**

desde pág. **130**

● **NUDO CERRAMIENTO-ESTRUCTURA**

desde pág. **140**

● **VENTILACIÓN EN CUBIERTAS Y FACHADAS**

desde pág. **150**

● **ESCORRENTÍA Y DESVÍO DE LAS AGUAS METEÓRICAS**

desde pág. **156**

● **DISEÑO INTEGRADO**

desde pág. **166**

● **PASO DE INSTALACIONES Y FIJACIÓN DE ELEMENTOS EN LA FACHADA**

desde pág. **168**



Los detalles constructivos descritos en este capítulo tienen como objetivo resaltar los principales problemas y proponer posibles soluciones. Estas indicaciones no son exhaustivas y no sustituyen un diseño específico. Cada solución debe comprobarse en función de las normativas nacionales aplicables, del sistema de construcción adoptado y de las condiciones climáticas y de diseño específicas.

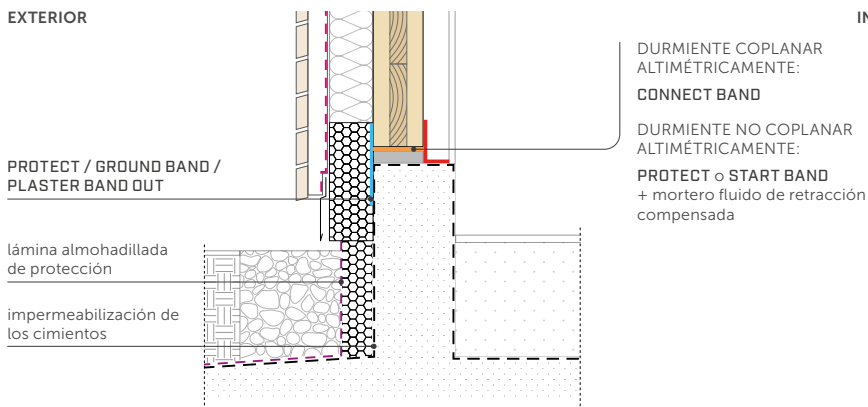
FIJACIÓN AL SUELO: DISEÑO DEL NUDO

La fijación al suelo es una solución técnica que requiere precisión tanto en la fase de diseño como en la de ejecución. Las variantes dependen de las necesidades arquitectónicas, pero el objetivo siempre es el mismo: aislar la estructura de madera de la humedad del suelo.

EVITA LA HUMEDAD POR CAPILARIDAD

EXTERIOR

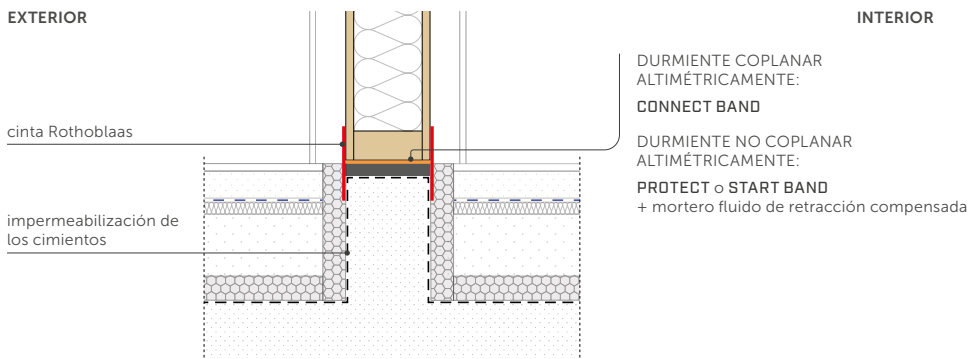
INTERIOR



Colocar una **barrera impermeable entre la madera y el hormigón**, preferiblemente aplicada sobre la base de cemento para no comprometer la transpirabilidad de la parte inferior de la pared. Para soleras en contacto con el suelo, se requiere una impermeabilización continua.

EXTERIOR

INTERIOR

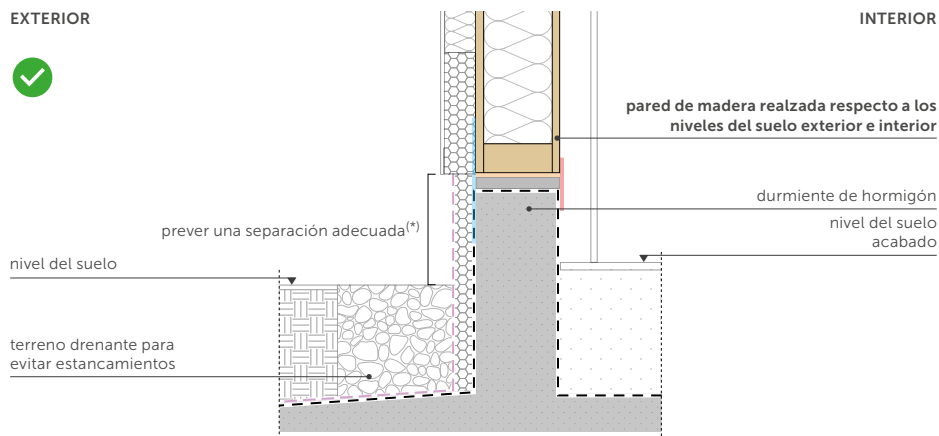


No solo las paredes perimetrales, sino **también las paredes interiores** deben estar separadas del hormigón por una barrera impermeable y estar debidamente realizadas para evitar la humedad por capilaridad.

EVITA EL CONTACTO DIRECTO CON EL TERRENO

EXTERIOR

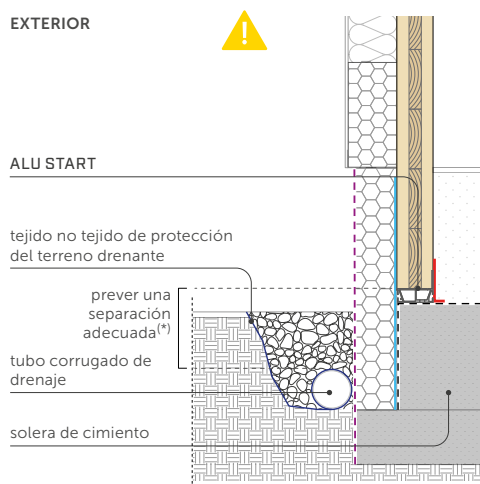
INTERIOR



El **durmiente de hormigón** realiza el apoyo de la estructura de madera con respecto al suelo acabado exterior e interior, con lo cual se reduce el riesgo de estancamiento de agua y de humedad. Esta solución evita el contacto directo con el terreno y limita los posibles daños debidos a fugas de las instalaciones o a la humedad accidental de las habitaciones interiores. Para garantizar la correcta instalación de la estructura de madera, el durmiente debe tener una superficie coplanar.

(*) El valor del desnivel debe dimensionarse en función del contexto de diseño y de las normativas locales.

EXTERIOR



En ausencia de durmiente, este detalle requiere un diseño detallado, ya que la pared que se encuentra debajo de la superficie acabada interior aumenta el riesgo de que se moje accidentalmente. El nudo constructivo debe garantizar una **distancia adecuada a la superficie de drenaje**, un pavimento exterior drenante y una correcta impermeabilización, todo ello con el fin de mantener el agua alejada de la base de la pared de madera. En situaciones críticas, se recomiendan elaborar planes de control periódico del sellado, de la impermeabilización y de las instalaciones.

EVITA LA CONDENSACIÓN INTERSTICIAL

EXTERIOR

INTERIOR

SATE

PROTECT o
GROUND BAND para
impermeabilización +
estanquidad al viento

nivel del suelo
exterior

cinta Rothoblaas
para la estanquidad
al aire

nivel del suelo
acabado

aislamiento continuo debajo
de la pared de madera

paso de instalaciones que no entra
en contacto con la pared de madera
y no interrumpe el aislamiento ni la
impermeabilización del durmiente

Además de la impermeabilización, hay que garantizar la **estanquidad al aire** con productos autoadhesivos y eliminar los puentes térmicos con el fin de asegurar **la continuidad del aislante** en la superficie exterior de los cimientos y, así, evitar la formación de puntos fríos.

EXTERIOR

INTERIOR

SATE

PROTECT o GROUND BAND
para impermeabilización +
estanquidad al viento

aislante contorneado para
solapar la impermeabilización y
evitar la acumulación de agua

DURMIENTE COPLANAR
ALTIMÉTRICAMENTE:
CONNECT BAND

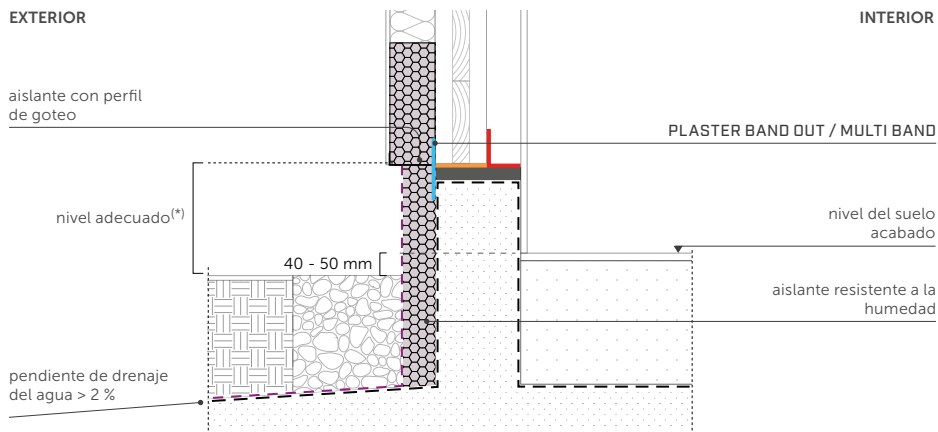
DURMIENTE NO COPLANAR
ALTIMÉTRICAMENTE:

PROTECT o START BAND
+ mortero fluido de retracción compensada

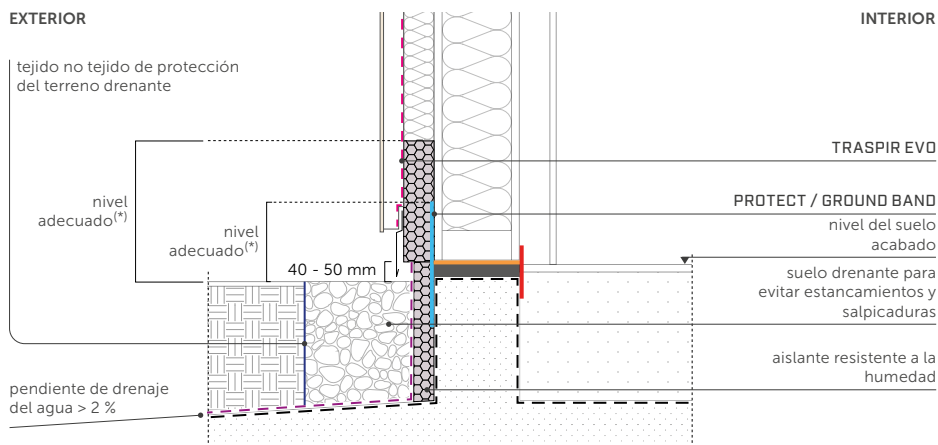


Si los angulares u otros elementos de fijación perforan la lámina para el control de vapor, es fundamental restablecer la continuidad de la estanquidad al aire y al vapor.

PROTEGE DE LA LLUVIA DE REBOTE Y FACILITA EL DRENAJE



Proteger la pared con impermeabilizantes butílicos o bituminosos; si la pared de madera está lo suficientemente realizada con respecto al nivel del suelo acabado exterior, será suficiente aplicar cinta adhesiva, preferiblemente transpirable y enfoscable. Es conveniente prever una franja drenante perimetral para evitar estancamientos y salpicaduras, garantizar una diferencia de nivel interna/externa de 4-5 cm y crear un pavimento con una pendiente mínima del 2 %, mayor en la zona de los marcos de las puertas.



(*) Las cotas deben dimensionarse en función del contexto de diseño y de las normativas locales.

ROTHOBLAAS RECOMIENDA

PROTECT
BANDA BUTÍLICA
AUTOADHESIVA
ENFOSCABLE



START BAND
CINTA IMPERMEABILIZANTE
DE ELEVADA RESISTENCIA
MECÁNICA



PLASTER BAND OUT
CINTA ESPECIAL
DE ELEVADA ADHESIÓN
TAMBIÉN ENFOSCABLE



ELIGE EL SISTEMA DE FIJACIÓN CORRECTO

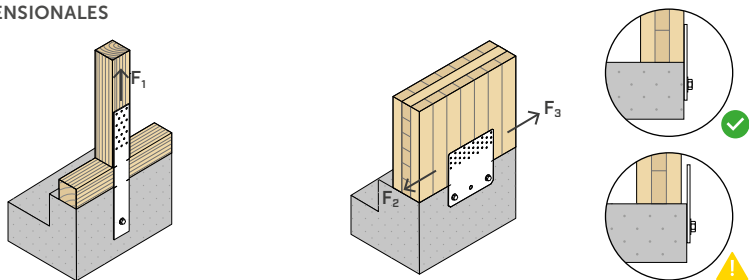
Para realizar correctamente el detalle constructivo, es fundamental elegir el sistema de fijación en las fases iniciales, teniendo en cuenta la presencia del durmiente, la alineación de la pared y el respeto de las distancias desde los bordes previstas para la madera y el hormigón.

ANGULARES TRIDIMENSIONALES



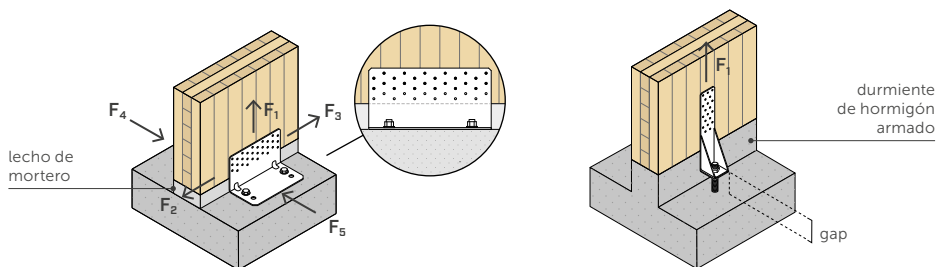
En general, las paredes de madera se fijan al suelo con hold-downs como **WHT** o **WKR** en los extremos para resistir las fuerzas de tracción. Los angulares a corte, como **TITAN** o **NINO**, se disponen con interjes regulares y, al estar certificados para solicitaciones en todas las direcciones, pueden sustituir a los hold-downs.

PLACAS BIDIMENSIONALES



Como alternativa, es posible utilizar placas bidimensionales, como **WHT PLATE C** a tracción o **TITAN PLATE C** para el corte. En este caso, prestar especial atención a la ejecución del vertido, que debe estar correctamente alineado con la pared de madera.

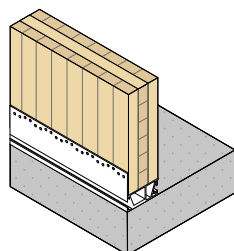
GESTIÓN DE LA TOLERANCIA ALTIMÉTRICAS



Interponer mortero de nivelación entre la pared y el hormigón para nivelar el soporte. Los esquemas de fijación parcial certificados mediante ETA permiten realzar la posición de los clavos o los tornillos para controlar la presencia de mortero. **WHT** y **WKR** se pueden aplicar dejando un gap para facilitar la instalación de paredes elevadas.

SISTEMAS INTEGRADOS PARA LA FIJACIÓN AL SUELO

EDIFICIO NO REALIZADO

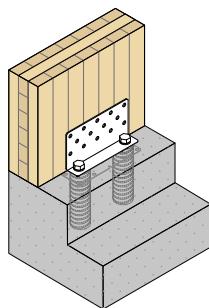


ALU START

En ausencia de durmiente de hormigón armado, Rothoblaas recomienda el uso de **ALU START**. Los perfiles de aluminio permiten un trazado planimétrico y altimétrico preciso antes de instalar las paredes de madera. El aluminio también actúa como barrera contra la humedad por capilaridad de los cimientos.

EDIFICIO REALIZADO

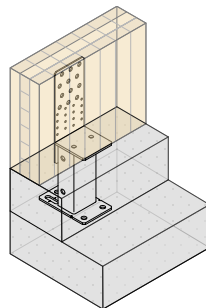
EL DURMIENTE SE REALIZA ANTES DE COLOCAR LAS PAREDES



TITAN DIVE

En presencia de durmiente de hormigón armado, Rothoblaas recomienda **TITAN DIVE**. Los tubos corrugados preinstalados en el durmiente permiten instalar los angulares y las paredes de madera con una amplia tolerancia planimétrica y altimétrica. Todas las fijaciones al suelo se realizan sin necesidad de taladrar en obra para instalar los anclajes.

EL DURMIENTE SE REALIZA DESPUÉS DE COLOCAR LAS PAREDES



UP LIFT

En presencia de durmiente de hormigón armado, Rothoblaas recomienda **UP LIFT**. Los soportes de acero sostienen el peso del edificio durante la instalación, mientras que el durmiente de hormigón armado se realiza posteriormente, adaptándolo a la posición de las paredes, con la máxima libertad de instalación para el carpintero. Tampoco en este caso se deben realizar perforaciones para los anclajes en obra.

Una conexión más allá del límite

Es con el metal que entramos en las obras de las construcciones de madera, tradicionales e híbridas, prefabricadas y desmontables.

El catálogo **PLACAS Y CONECTORES PARA MADERA, HORMIGÓN Y ACERO** está más al día que nunca.

Productos para todos los rangos de resistencia, tablas de cálculo completas y soluciones precisas para diferentes sistemas constructivos.

Descarga el catálogo y empieza a diseñar con nosotros



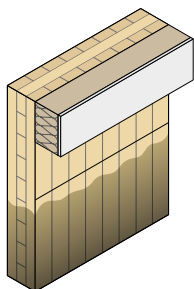
rothoblaas.es



REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL

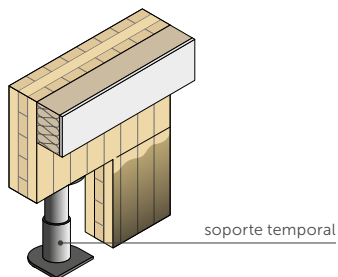
En presencia de paredes dañadas por filtraciones o humedad, es posible utilizar **UP LIFT** y sustituir la parte dañada por un durmiente de hormigón.

1



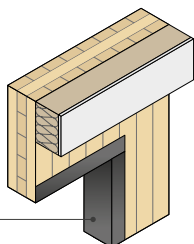
Quitar los revestimientos exteriores de la pared para dejar al descubierto la zona dañada y definir la altura de corte.

2



Llevar a cabo la intervención procediendo por sectores. Cortar la pared y apuntalarla temporalmente para garantizar la estabilidad de la estructura.

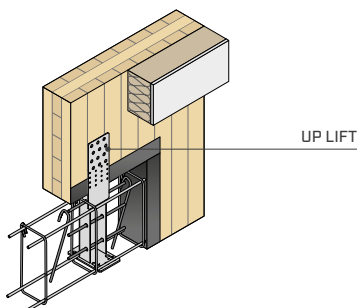
PROTECT



3

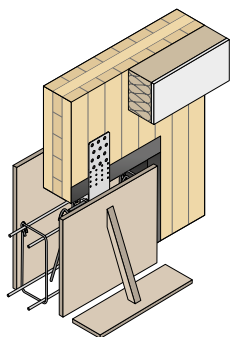
Aplicar **PROTECT** a la pared de madera para impermeabilizarla y evitar la humedad por capilaridad.

4



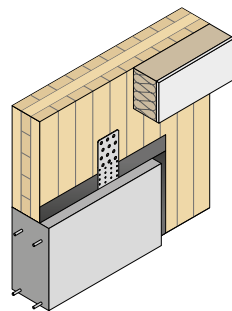
Colocar **UP LIFT** y compensar cualquier irregularidad altimétrica con **SHIM**. Realzar la armadura del durmiente e insertar las armaduras de conexión entre el durmiente y los cimientos existentes.

5



Realizar el encofrado para el durmiente y verter el hormigón fluido y de retracción compensada.

6



Una vez finalizado el trabajo, la pared se apoya sobre el nuevo durmiente de hormigón armado y se fija al suelo mediante soportes **UP LIFT**. Ahora, es posible restablecer los acabados exteriores.



Más confort acústico en tu casa de madera

XYLOFON es el perfil resiliente de elevadas prestaciones que asegura el confort acústico en estructuras y casas de madera. Realizado en mezcla poliuretánica, está disponible en 6 versiones, en función de la carga que debe soportar. Probado y certificado para el uso como capa de desacople y de interrupción mecánica entre materiales de construcción, reduce la transmisión del ruido por vía aérea y estructural hasta más de 15 dB. **Confía en el perfil acústico más eficaz del mercado.**



Escanea el código QR y descubre las características técnicas de XYLOFON



rothoblaas.es



rothoblaas

Solutions for Building Technology



Estructura de madera realizada mediante durmiente. Impermeabilización aplicada sobre la base de cemento y pared perfectamente alineada a cota interior.

Paredes de madera perimetrales e interiores realizadas y durmiente de hormigón perfilado en las puertas.



Pared de madera realizada mediante durmiente y uso de aislante resistente a la humedad en la parte inferior.



Producto butílico de protección de la pared no continuo y lámina almohadillada perforada con taco.



Pared de madera debajo de la superficie exterior acabada, falta de aislamiento debajo de la pared de madera (riesgo de puente térmico) y sistema de impermeabilización inadecuado.



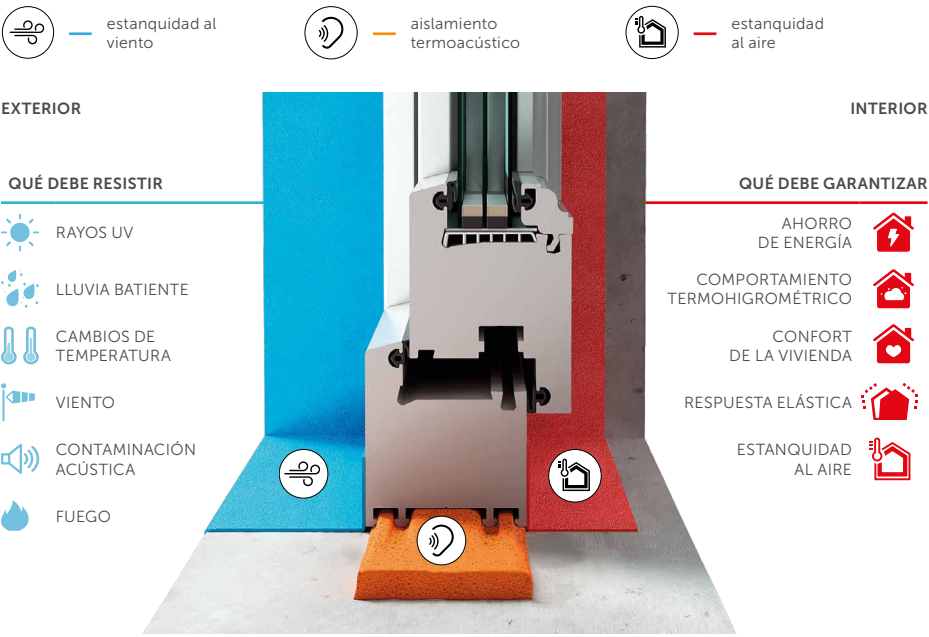
Placas de fijación mal instaladas: no se respetan las distancias desde los bordes o hay un durmiente irregular, que impide la correcta inserción de los tornillos y los tacos y puede ocasionar la deformación de la placa de conexión.

NUDO CERRAMIENTO-ESTRUCTURA

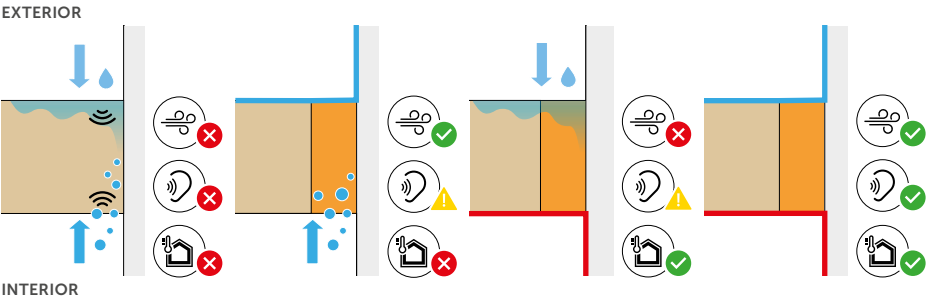
DISEÑA EL NUDO CERRAMIENTO

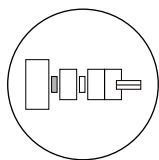
El nudo cerramiento-pared es uno de los puntos más delicados de la envolvente de la construcción. Aquí se concentran solicitaciones atmosféricas, termohigrométricas y mecánicas: agua, aire y frío tienden a encontrar una vía de entrada y salida. Para garantizar unas prestaciones constantes y la durabilidad del cerramiento, el detalle debe funcionar como un sistema único y continuo, capaz de drenar el agua, sellar las uniones y mantener la continuidad del aislamiento.

NIVELES DE PROTECCIÓN



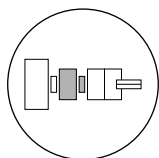
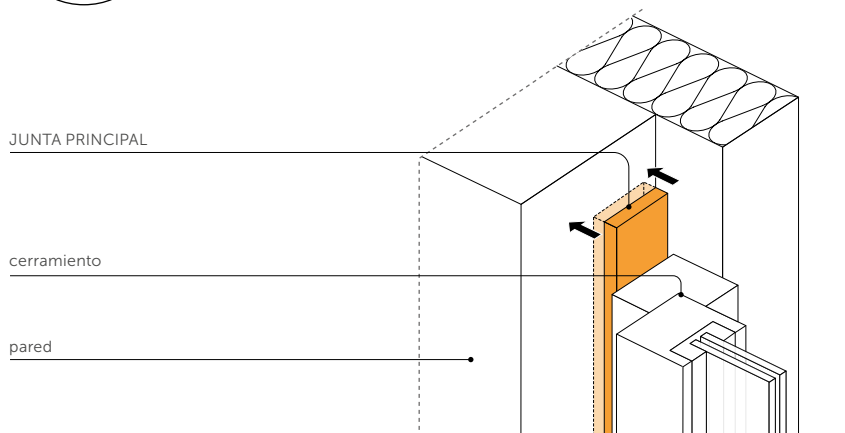
Los detalles muestran cómo un diseño correcto de los tres niveles de protección evita filtraciones y estanqueamientos.





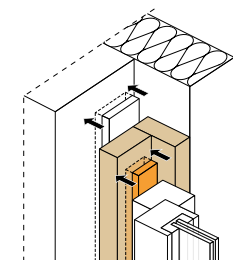
JUNTA PRINCIPAL

Conecta el vano al premarco o, en su ausencia, al marco fijo de la ventana. Transfiere las solicitaciones y garantiza un soporte continuo: es el elemento que asegura la estabilidad de todo el sistema de ventana.



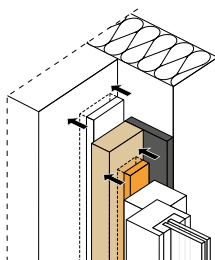
JUNTA SECUNDARIA Y PREMARCO

El premarco permite una correcta alineación y planicidad del cerramiento, el cumplimiento de las tolerancias dimensionales y facilita su sustitución en el futuro. La junta secundaria une el premarco y el cerramiento.



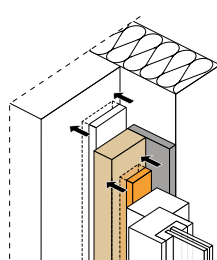
MADERA-MADERA

Garantiza la coherencia con el paquete aislante y reduce el riesgo de puentes térmicos.



MADERA-PVC

Ofrece buenas prestaciones gracias a la baja conductividad del PVC y facilita la continuidad del aislante.

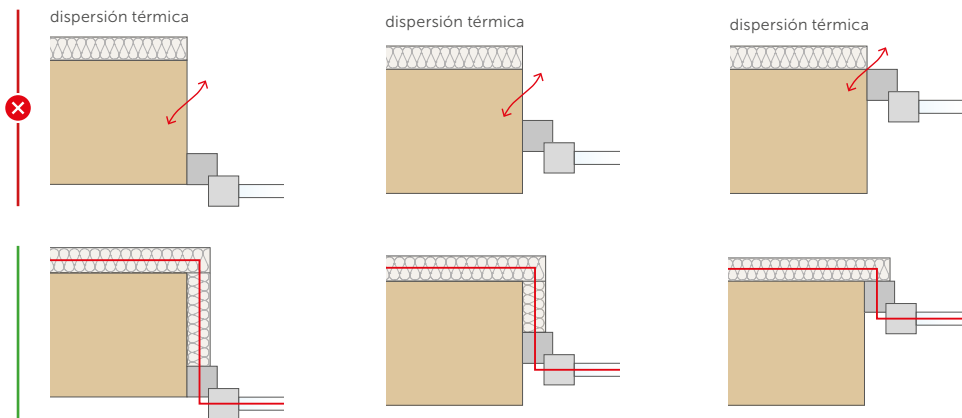


MADERA-METAL

El metal, al tener una elevada conductividad, genera puentes térmicos lineales y no es adecuado cuando se requieren elevadas prestaciones de aislamiento térmico.

DISEÑA CORRECTAMENTE PARA EVITAR PUENTES TÉRMICOS

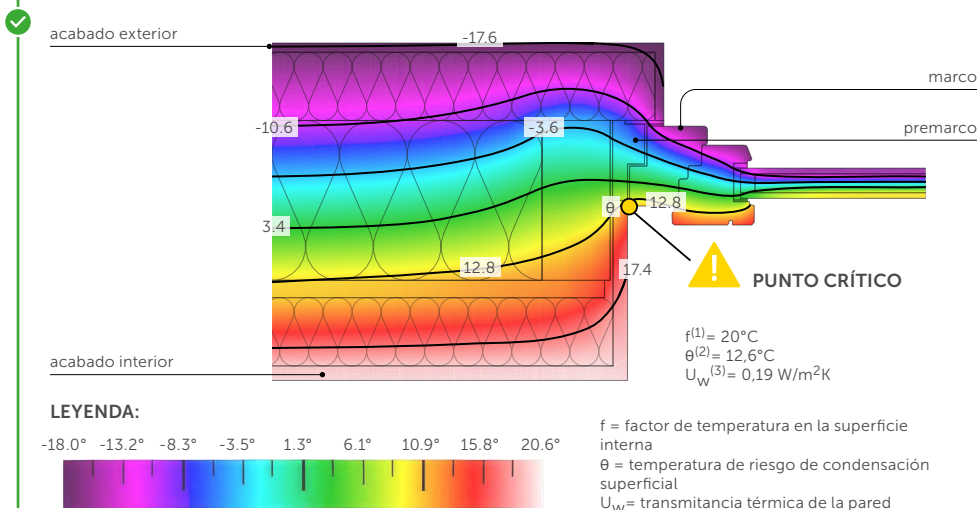
Los puentes térmicos en el nudo ventana se producen por conexiones discontinuas entre el cerramiento, la estructura y el aislamiento. Un diseño correcto del cerramiento asegura la continuidad de la envolvente, reduce las dispersiones de calor, evita la condensación y garantiza prestaciones elevadas de todo el sistema de ventana.



SIMULACIONES EN CONDICIONES EXTREMAS CON MÉTODO DE CÁLCULO CERTIFICADO

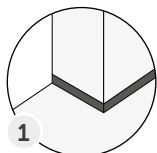
En el nudo cerramiento-pared, los puntos más críticos desde el punto de vista térmico se concentran en la unión, cuando la temperatura interna es de $+20^{\circ}\text{C}$ y la externa, de -18°C .

Mantener una temperatura superficial interna en el borde de la ventana $\geq 12,6^{\circ}\text{C}$, en presencia de ventilación mecánica controlada (VMC), ayuda a prevenir la formación de condensación y moho y garantiza unas condiciones higrotérmicas correctas en el detalle constructivo. Como los valores superficiales están cerca del umbral límite ($\approx 12,8^{\circ}\text{C}$), el diseño del nudo se vuelve crucial y debe prever la continuidad de las capas funcionales, incluidas las cintas y las capas delgadas, para reducir el riesgo de puentes térmicos.

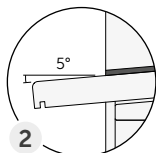


GESTIONA CORRECTAMENTE EL ALFÉIZAR

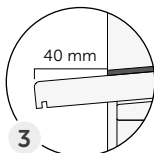
El alféizar es el elemento más expuesto del nudo inferior del cerramiento: aquí cualquier discontinuidad puede dar lugar a filtraciones, deterioro de las jambas, paso de aire o puente térmico. Por ello, el detalle debe garantizar la continuidad entre el cerramiento y la fachada, evitar estancamientos de agua, sellar y aislar sin interrupciones.



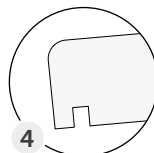
1 cinta expandible MF1



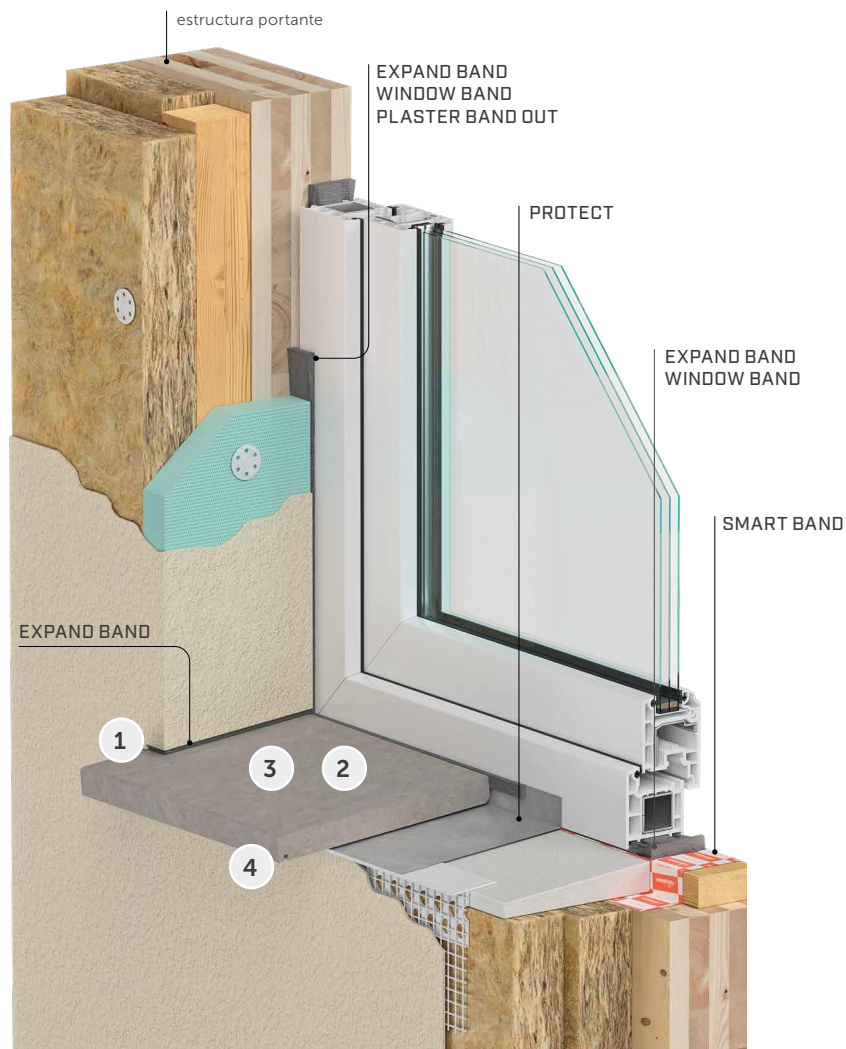
2 pendiente mínima de 5°
hacia el exterior



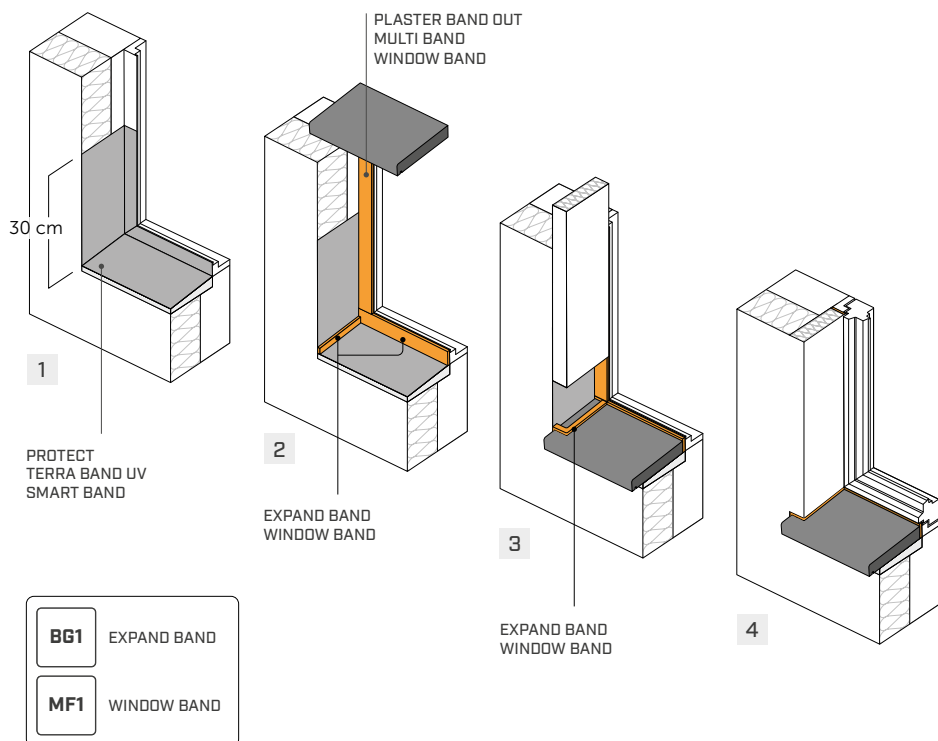
3 parte sobresaliente ≥ 40 mm
con respecto a la fachada



4 alféizar con
rompegotas



ALFEÍZAR DE PIEDRA



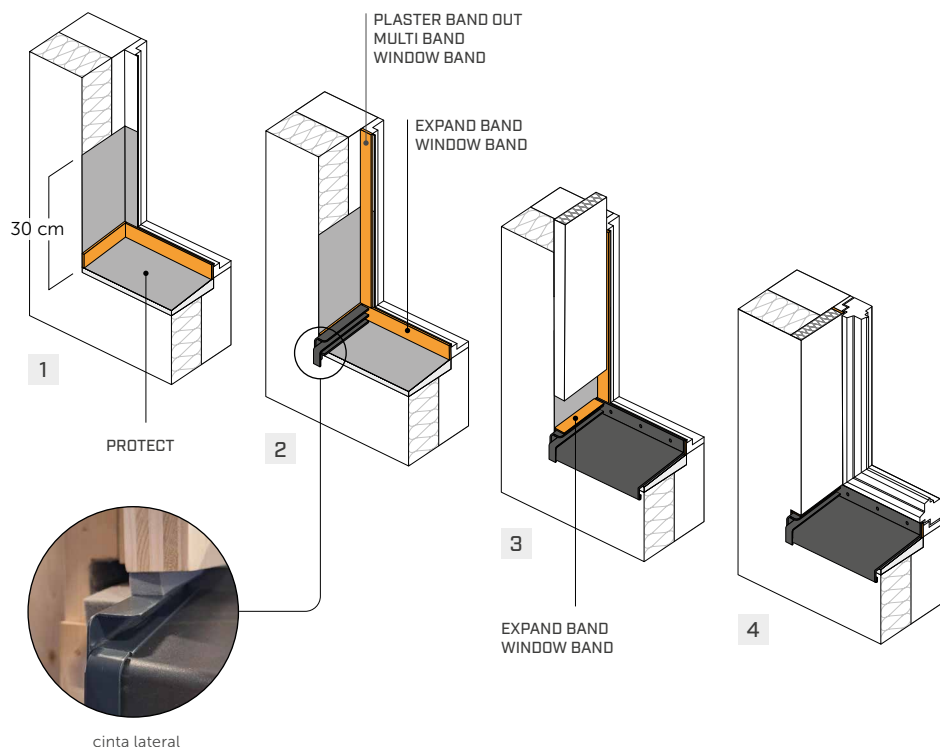
Gestión NO correcta del alféizar. El uso de varios trozos en lugar de una sola cinta continua crea discontinuidades y puntos débiles.



Encintado NO correcto de la parte inferior del alféizar y de las esquinas del vano de la ventana.

Más información en el capítulo "APLICACIÓN DE CINTAS, LÁMINAS Y ESPUMAS" en la pág. 118

ALFEIZAR DE CHAPA



Una soldadura incorrecta de la chapa puede convertirse en una vía de entrada para el agua si la parte inferior del alfeizar no está debidamente impermeabilizada, lo que provoca filtraciones y daños con el tiempo.



Sellado correcto del lado interior: cinta aplicada en la unión cerramiento-alfeizar para asegurar la estanquidad al aire.

DISEÑA LA CAJA DE LA PERSIANA

La caja de la persiana, otro punto crítico del nudo cerramiento, debe diseñarse como parte integrante del sistema ventana-fachada. La continuidad entre la guía, las jambas y el monobloque es esencial para la correcta integración de los tres planos funcionales y para reducir las filtraciones y los puentes térmicos. Una correcta conexión con los materiales de la fachada y la previsión de un drenaje eficaz cerca de las guías aseguran unas prestaciones duraderas y la plena eficiencia de la envolvente de la construcción.

LEYENDA:

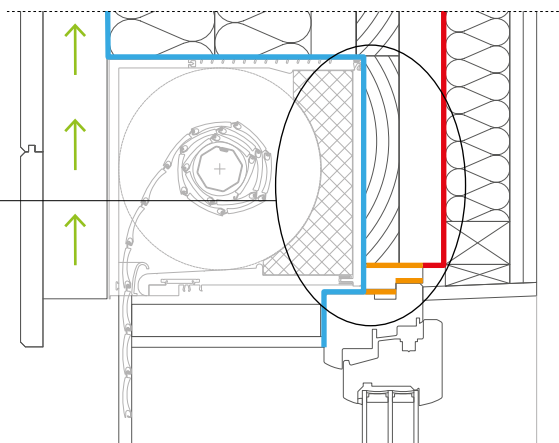
— capa de estanqueidad al viento	— capa de estanqueidad al aire	— WINDOW BAND EXPAND BAND	— NAIL BAND GEMINI	→ ventilación
--	---	---	--	--

GESTIÓN DE LA ENVOLVENTE DE LA CONSTRUCCIÓN



PUNTO CRÍTICO

Interferencia estructural y riesgo de puente térmico

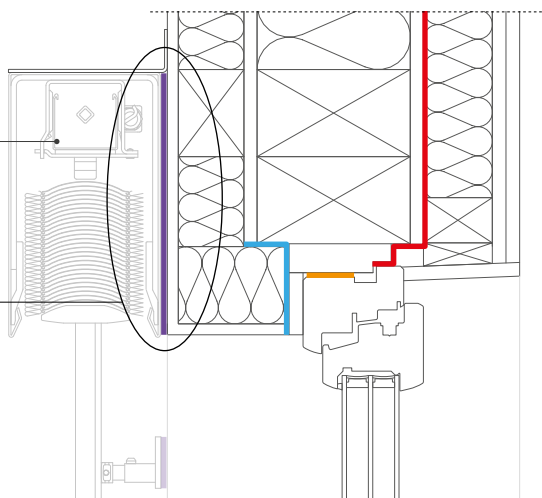


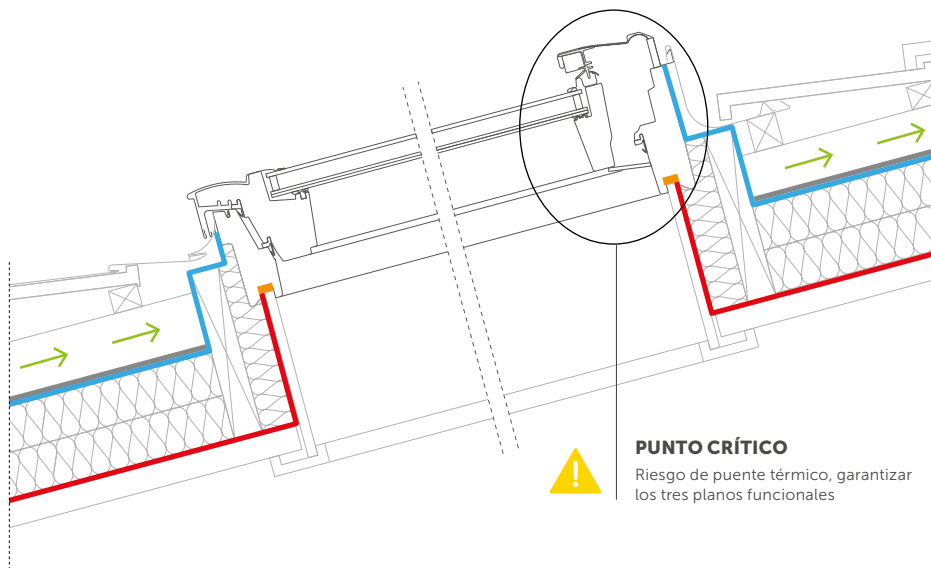
sistema persiana



PUNTO CRÍTICO

Riesgo de filtraciones y discontinuidad de la envolvente de la construcción





Instalación de la ventana de techo en una fase posterior: la lámina se corta a la medida deseada para crear el vano, por lo que queda interrumpida y no unida al cerramiento. Este método de instalación no asegura la continuidad de las láminas ni el correcto sellado del nudo.



Uso correcto de la cinta expandible para el sellado perimetral del cerramiento: el material se coloca de forma continua a lo largo del intradós, garantizando su adaptación a las irregularidades del soporte y un sellado eficaz contra el aire y el agua.

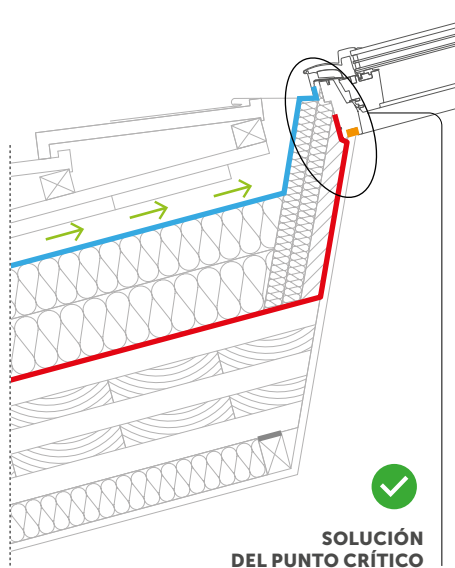
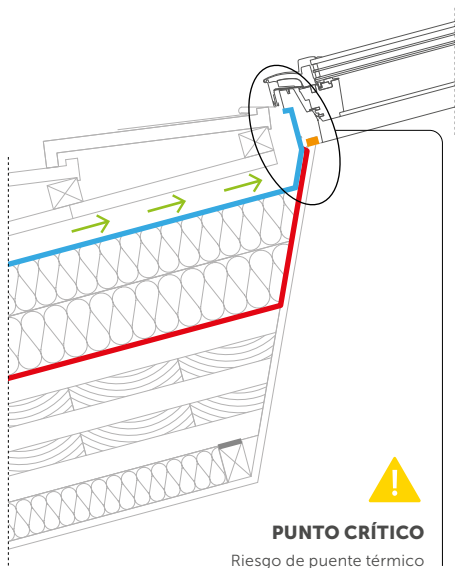
ROOF SKYLIGHT SEALING - MEMBRANE & TAPES



Escanea el código QR y mira el video.
SUSCRÍBETE a nuestro canal de **YOUTUBE** y mantente informado sobre los productos y las novedades Rothoblaas.



Prestar una especial atención al intradós: el aislamiento y las capas delgadas deben extenderse de forma continua hasta la parte superior del agujero, evitando la formación de puentes térmicos en la medida de lo posible.



Barrera de vapor cortada y no unida al cerramiento. Presencia de huecos mal sellados entre el marco y la estructura de madera, con posibles problemas.



Detalle lateral del cerramiento: aislamiento no continuo y conexiones estructurales irregulares entre la madera, el aislante y el soporte, con el consiguiente riesgo de filtraciones de aire y agua y una reducción de las prestaciones térmicas.

ROTHOBLAAS RECOMIENDA

PARA EL AISLAMIENTO ACÚSTICO DEL CERRAMIENTO, HAY QUE CONSIDERAR TAMBIÉN LAS PRESTACIONES DE LAS UNIONES.



WINDOW BAND

CINTA SELLANTE AUTOEXPANDIBLE
PARA CERRAMIENTOS

Aislamiento acústico de la junta:
10 mm $R_{s,w(ift)}$ (C;Ctr)=59 (-2;-3) dB



¿SABÍAS QUE...?

No todas las cintas expansibles tienen las mismas prestaciones

				uso previsto por la norma	resistencia a la lluvia batiente	exposición permanente
BG1			-	exterior-estanquidad al viento	≥ 600 Pa	sí
BG2			-	exterior-estanquidad al viento	≥ 300 Pa	no
BGR	-		-	interior-estanquidad al aire	-	no
MF1				multifunción-3 niveles	≥ 600 Pa	sí
MF2				multifunción-3 niveles	≥ 300 Pa	no



HERMETIC FOAM

ESPUMA POLIURETÁNICA
SELLANTE FONOAISLANTE

Aislamiento acústico de la junta:
10 mm $R_{s,w(ift)}$ (C;Ctr)=63 (-1;-5) dB
20 mm $R_{s,w(ift)}$ (C;Ctr)=62 (-1;-5) dB



MBS | MBZ

TORNILLO AUTORROSCANTE
PARA ALBAÑILERÍA

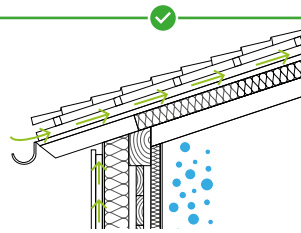
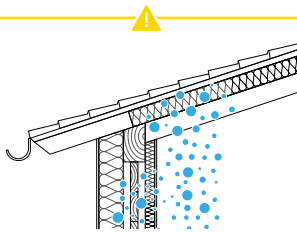
Ensayados por el Instituto de Tecnología de Ventanas (IFT) de Rosenheim según la norma MO-02/1 para extracción, compresión, corte puro y corte excéntrico, sobre capas de fondo calcáreas, como hormigón y ladrillo. Garantizan fijaciones seguras y duraderas en la junta principal, incluso en condiciones de solicitaciones elevadas.



VENTILACIÓN EN CUBIERTAS Y FACHADAS

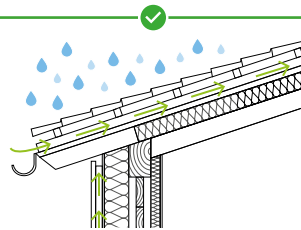
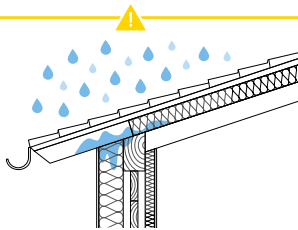
Una vez finalizada la obra, a menudo el edificio presenta niveles de humedad elevados y posible agua estancada, debido a la realización de trabajos que requieren aporte de agua o a la humedad de algunas capas y materiales. Por lo tanto, es fundamental diseñar el edificio de manera que se facilite la eliminación y el secado de la carga higrométrica. La ventilación contribuye de forma determinante a la expulsión de la humedad a lo largo del tiempo, incluso en caso de fugas o estancamientos de agua debido a otros fenómenos que puedan ocurrir durante la vida útil del edificio.

DISEÑA UNA VENTILACIÓN CORRECTA



GESTIÓN DE LA HUMEDAD

Una buena ventilación favorece el secado del vapor de agua presente en el interior de la envolvente de la construcción y evita la formación de condensaciones intersticiales en el aislante y en la estructura. También ayuda a secar las filtraciones y el vapor que atraviesa las capas, con lo cual se reduce el riesgo de moho y podredumbre.

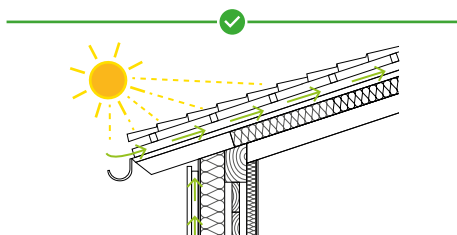
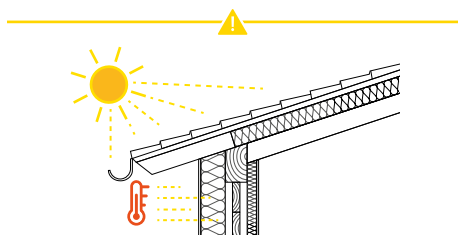


PROTECCIÓN ADICIONAL

La capa de ventilación ofrece protección adicional en caso de filtraciones accidentales. Crea un segundo nivel de drenaje del agua y evita su estancamiento. La posibilidad de secado reduce la degradación biológica y las intervenciones de mantenimiento, lo que aumenta la durabilidad de la estructura y los materiales.

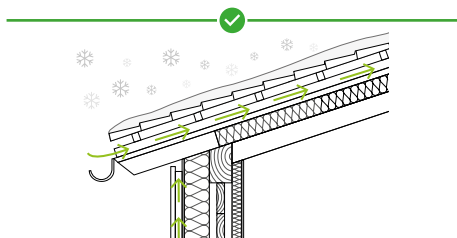
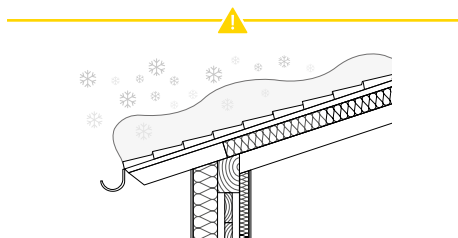
Más información en el capítulo “ESCORRENTÍA Y DESVÍO DE LAS AGUAS METEÓRICAS” en la pág. 156

Más información en el capítulo “LÁMINAS PARA LA ESTANQUIDAD AL VIENTO” en la pág. 106



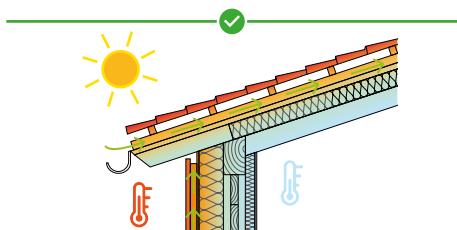
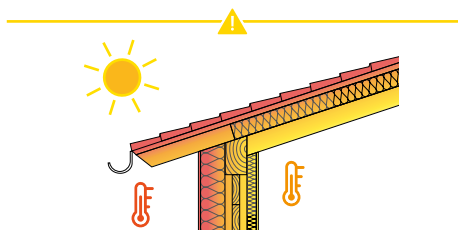
DURABILIDAD DE LOS MATERIALES

La ventilación favorece la disipación del calor acumulado debajo de las capas expuestas a la radiación solar y permite reducir las temperaturas de servicio de los aislantes, las láminas, las cintas y los materiales de construcción en general, lo que reduce el envejecimiento debido al estrés térmico.



EN INVIERNO

La ventilación permite que la nieve acumulada en la cubierta se derrita de manera uniforme.



EN VERANO

La ventilación contribuye a eliminar parte de la energía térmica acumulada bajo cubierta, lo que mejora el confort habitacional. El flujo de aire reduce el calor acumulado por el revestimiento y permite que la capa aislante funcione con diferencias de temperatura menores, con lo cual se disminuye la necesidad de refrigeración.

MEDICIONES EN LAS OBRAS



Temperatura ambiente exterior

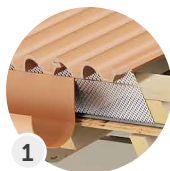


Temperatura de la pared interna



Temperatura del panel de HPL





1

ABERTURAS DE VENTILACIÓN

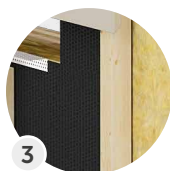
Aberturas de ventilación libres y protegidas (malla contra insectos y rejillas). Para el mantenimiento, hay que asegurarse de que las tomas de aire se puedan inspeccionar y limpiar. De esta forma, la ventilación funciona de forma permanente, sin componentes activos que requieran activación o puedan deteriorarse.



2

RECORRIDO DEL AIRE CONTINUO

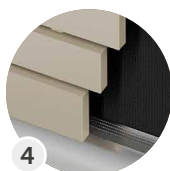
Evitar obstrucciones e interrupciones, incluso en alféizares, chimeneas, cerramientos, ventanas de techo y esquinas, interrumpiendo los rastreles o creando agujeros para la circulación del aire. En la fachada, preferir rastreles verticales.



3

CAPA DE ESTANQUIDAD AL AIRE

Capa de estanquidad al aire (láminas o enfoscado, paneles o encintados) sellada e intacta para asegurar la impermeabilidad al viento y al agua y favorecer el drenaje sin crear bolsas ni puntos donde el agua pueda quedar estancada.



4

CÁMARA DE VENTILACIÓN

Diseñar el espesor de la cámara de ventilación, especialmente en fachadas y cubiertas planas. En general, el espesor es de tan solo unos pocos centímetros, en función de la pendiente y de la longitud de la vertiente de la cubierta o de la fachada.

Cubiertas inclinadas: 4–6 cm (incluso más para vertientes largas)

Fachadas ventiladas: 2–5 cm (consultar siempre las normativas de referencia, los requisitos de diseño especiales o el rendimiento termohigrométrico)



5

COMPATIBILIDAD Y RESISTENCIA TÉRMICA

Comprobar la compatibilidad de los materiales y su resistencia térmica y a los rayos UV, sobre todo cuando el revestimiento no esté perfectamente sellado y presente pequeñas discontinuidades. Elegir productos adecuados es fundamental para proteger la capa aislante y la estructura.

ROTHOBLAAS RECOMIENDA

ESTANQUIDAD AL AIRE
E IMPERMEABILIZACIÓN



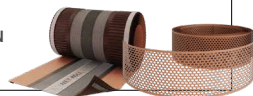
PROTECCIÓN PASIVA
CONTRA EL FUEGO



SELLANTES, ESPUMAS
Y LÁMINAS LÍQUIDAS



ELEMENTOS PARA
CUBIERTA Y VENTILACIÓN



Para más información, véase el catálogo "CINTAS, LÁMINAS, SELLANTES Y PROTECCIÓN CONTRA EL FUEGO".



Obstrucción de la cámara de ventilación con espumas, cintas o aislante sin protección.



Tomas de aire sin continuidad, con entradas y salidas insuficientes o interrumpidas, por ejemplo, en los cerramientos, esquinas y chimeneas.



Elementos no drenantes, que retienen el agua, como los alféizares y las uniones horizontales.



Cámara de ventilación limpia y sin obstrucciones, para facilitar el paso del aire.



Aberturas de ventilación continuas, sin escombros ni residuos.



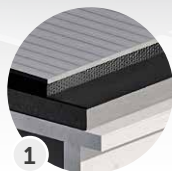
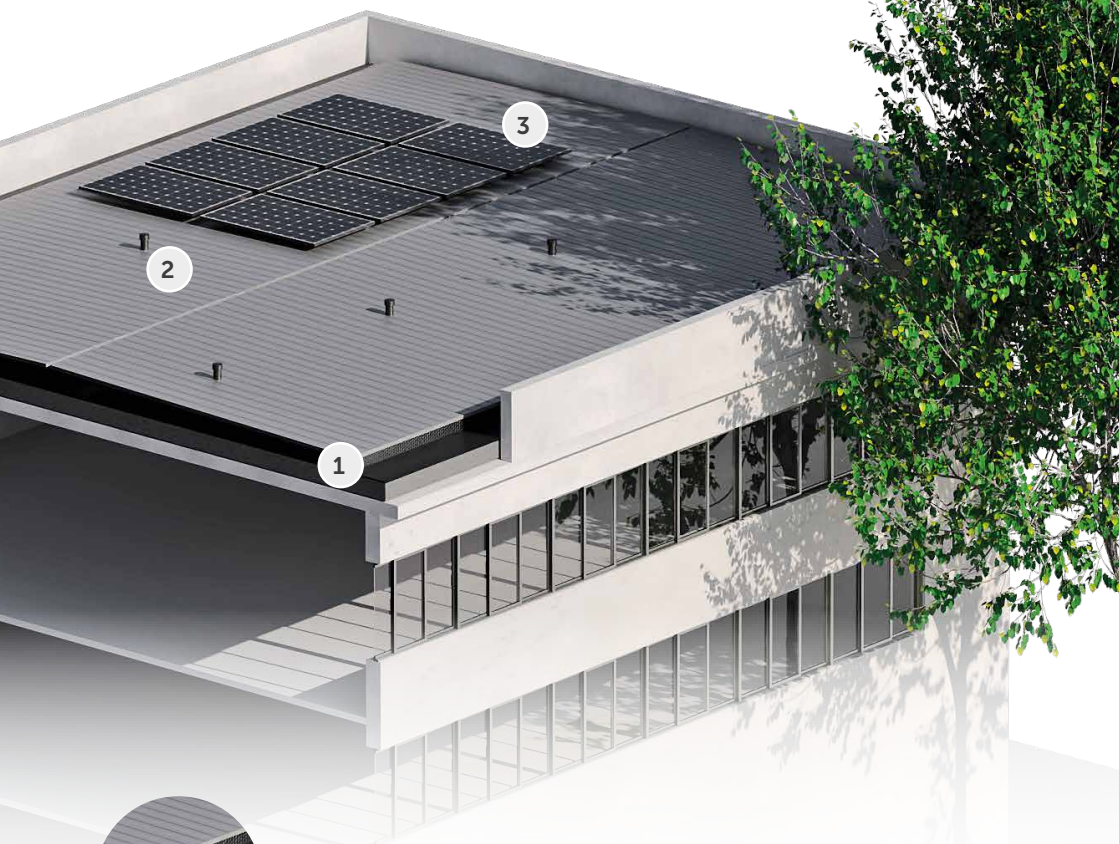
Sistema de drenaje de agua en las discontinuidades de la fachada.



Las cámaras de ventilación pueden crear un efecto chimenea y, en caso de incendio, acelerar la propagación de las llamas. Por ello, se aconseja utilizar productos con clase de reacción al fuego superior a la estándar, en concreto, productos de clase B-s1, d0 (EN 13501) o superior.



Si las cámaras de ventilación no se diseñan o realizan correctamente, pueden ser perjudiciales, ya que generan grandes masas de aire caliente que pueden dar lugar a condensaciones.



TOMAS DE AIRE

Las tomas de aire deben estar orientadas preferiblemente en la dirección del viento predominante y dispuestas de tal manera que la entrada y la salida queden a diferente altura.



VENTILACIÓN Y ESTANQUIDAD

Utilizar accesorios específicos para la ventilación de cubiertas planas y terrazas que aseguren la ventilación y la estanquidad al agua.



RADIACIÓN

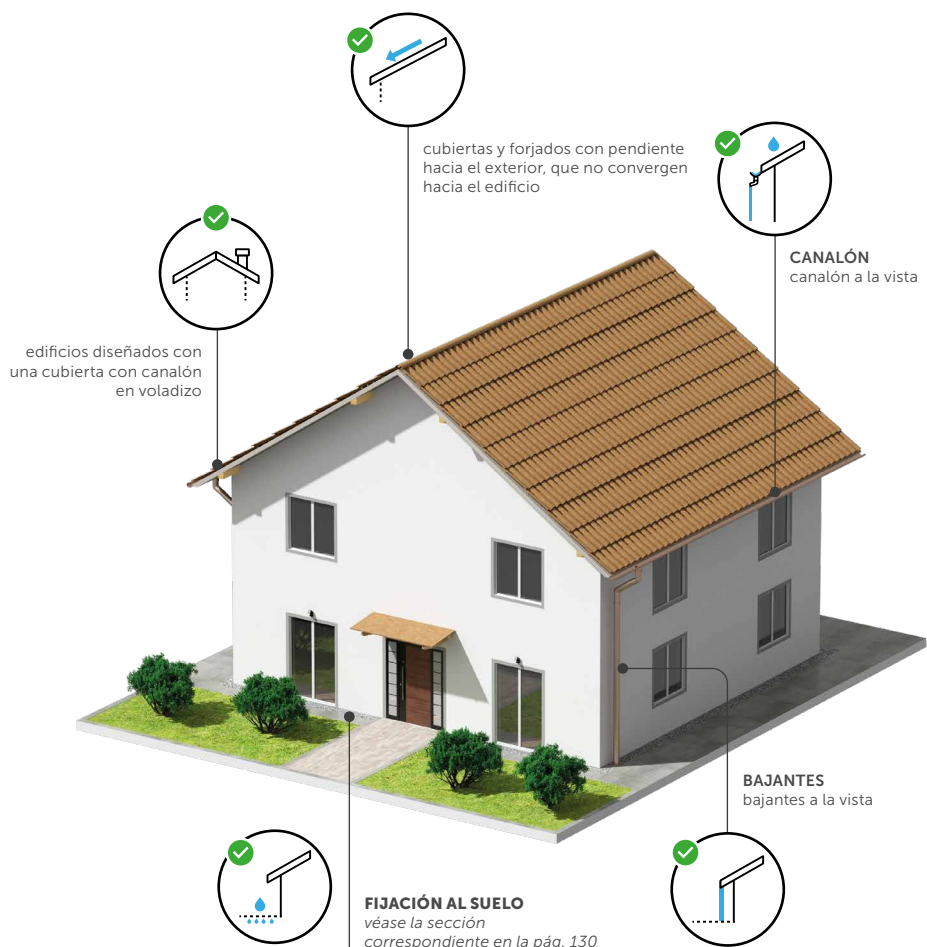
La radiación diferenciada entre las distintas zonas de la cubierta (por ejemplo, edificios existentes, árboles, tejados fotovoltaicos o solares) favorece la ventilación, ya que crea masas de aire con diferentes temperaturas en la cámara ventilada y esto activa un movimiento convectivo.

ESCORRENTÍA Y DESVÍO DE LAS AGUAS METEÓRICAS

EDIFICIOS ESTÁNDAR

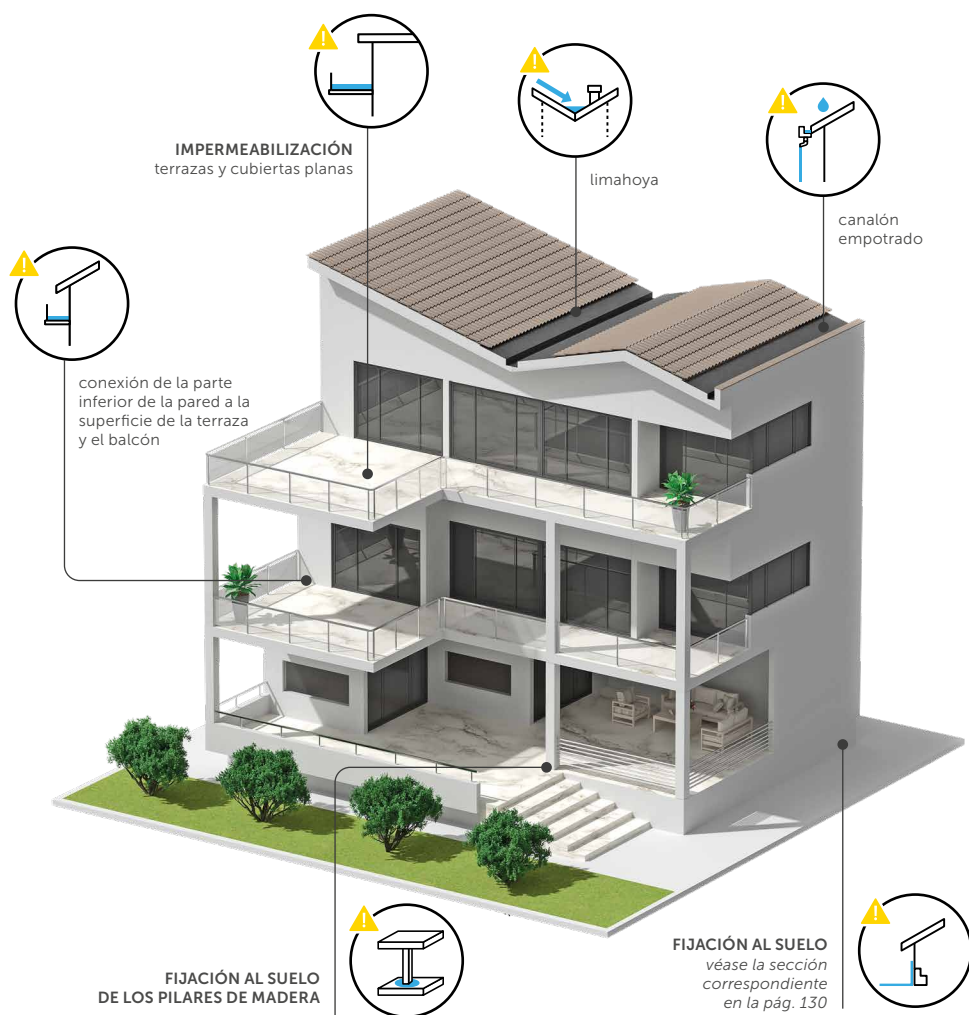
Al diseñar edificios de madera, el proyectista tiene que prever un drenaje del agua adecuado a lo largo de toda la altura del edificio, analizándolo desde el punto más alto hasta la fijación al suelo. No debe haber zonas ni detalles que puedan provocar estancamientos de agua.

Para la correcta gestión del drenaje de agua de lluvia, se recomienda diseñar edificios con cubiertas que incorporen canalones salientes y elementos y forjados con pendiente hacia el exterior. Deben evitarse configuraciones que converjan hacia el edificio.



EDIFICIOS COMPLEJOS

No se recomienda realizar bajantes y canalones empotrados, ya que no es posible llevar a cabo un mantenimiento y una limpieza adecuados. Los edificios con cubiertas planas, vertientes convergentes y elementos de madera a la vista requieren detalles específicos, tratados con detalle en los correspondientes apartados.



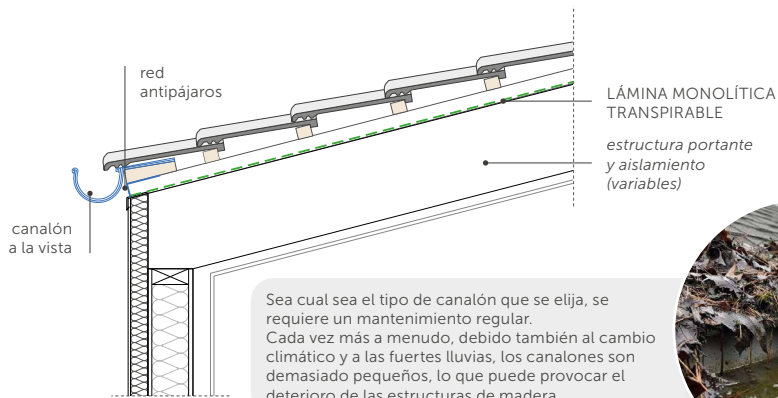


CANALÓN

No se recomienda realizar canalones y bajantes empotrados, siendo preferible realizar canalones en voladizo. Gestionar el drenaje del agua de lluvia mediante sistemas empotrados aumenta el riesgo de podredumbre, especialmente en caso de mantenimiento insuficiente o errores de diseño y/o instalación en obra. La misma solución adoptada para los canalones empotrados también se puede aplicar a las limahoyas entre edificios, replicando el detalle.

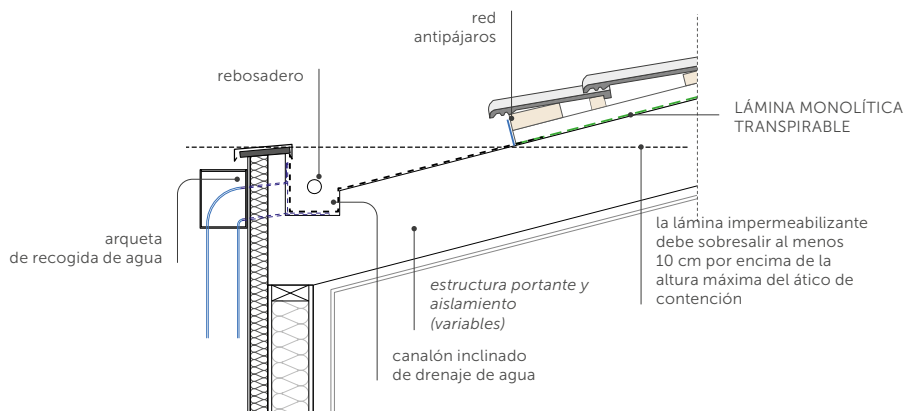
CANALÓN A LA VISTA

Realizar el canalón de chapa a la vista, para facilitar las operaciones de mantenimiento y la identificación de cualquier obstrucción.



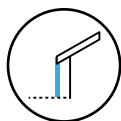
CANALÓN OCULTO

La realización de un canalón empotrado requiere un diseño específico, que tenga en cuenta el correcto drenaje del agua de lluvia y prevea soluciones técnicas adecuadas para evitar cualquier obstrucción.



NOTA: No realizar el orificio de salida en la arqueta con una simple chapa doblada y sellada con silicona. Utilizar piezas especiales, como bocas de desagüe en L, fabricadas con el mismo material que la lámina impermeabilizante y con rebosadero.

NOTA: Si existe riesgo de acumulación de nieve, hay que prever serpentines calefactores.



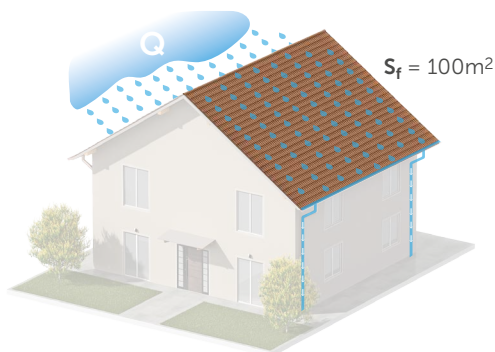
BAJANTES

La cantidad y la ubicación de los bajantes deben definirse durante la fase de diseño, antes de comenzar los trabajos en la obra.

Para el dimensionamiento y la disposición de los bajantes, se puede consultar la norma UNI 12056 - 3. Las indicaciones de la norma se aplican tanto a cubiertas inclinadas como a cubiertas planas y terrazas.

La norma no establece un número fijo de bajantes, sino que dispone el cálculo de:

- superficie de drenaje S_f
- intensidad de lluvia de diseño
- coeficiente de escorrentía
- caudal a eliminar Q
- diámetro mínimo en función de la velocidad del agua
- comprobación de las pérdidas de carga



En general, hay que instalar un bajante de Ø10 entre 70 y 100 m² de cubierta y un bajante por cada 15 o 25 m de canalón.

En las cubiertas inclinadas, el canalón se construye normalmente con una pendiente del 0,2–0,3 %, mientras que en las cubiertas planas y las terrazas, el drenaje del agua debe diseñarse específicamente.



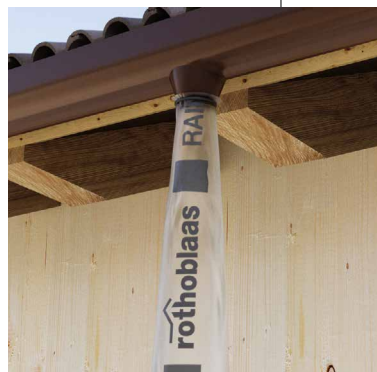
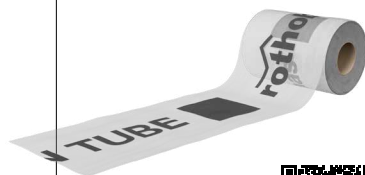
Cada vez más a menudo, debido también al cambio climático y a las fuertes lluvias, los canalones son demasiado pequeños, lo que puede provocar el deterioro de las estructuras de madera.

ROTHOBLAAS RECOMIENDA

RAIN TUBE

BAJANTE PROVISIONAL PARA LAS FASES DE OBRA

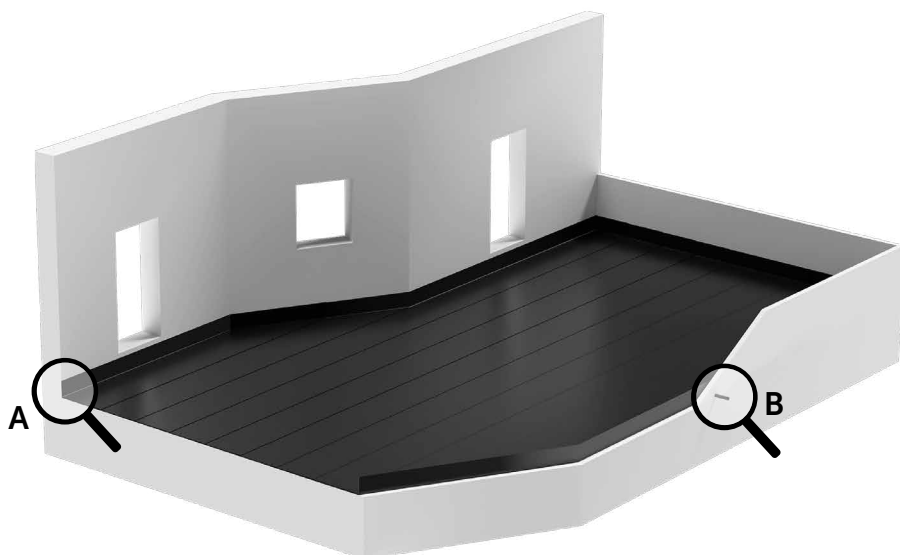
- Protege las fachadas del edificio durante las fase de obra o las reformas
- Solución versátil, fácil de usar
- Útil hasta el montaje final de los canales de desagüe



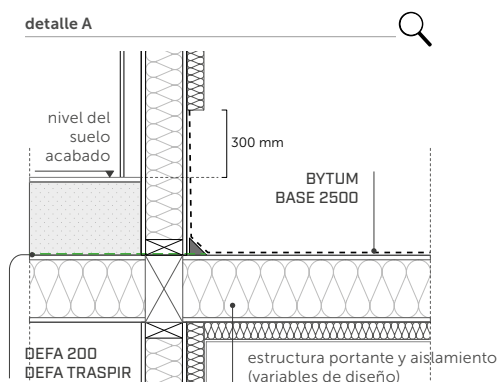


IMPERMEABILIZACIÓN PROVISIONAL DE LA OBRA PARA CUBIERTAS PLANAS Y TERRAZAS

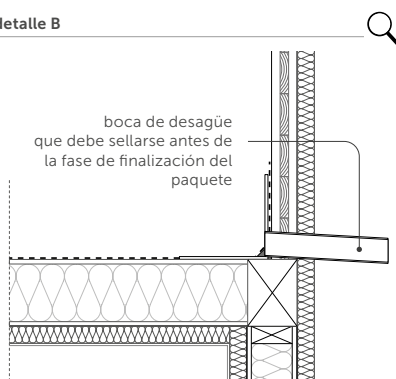
La impermeabilización provisional garantiza la protección temporal de las capas de la cubierta durante las fases de instalación. El sistema debe asegurar la estanquidad al agua, la compatibilidad con las capas posteriores y la resistencia a las condiciones de la obra hasta que se instale la impermeabilización definitiva.



detalle A

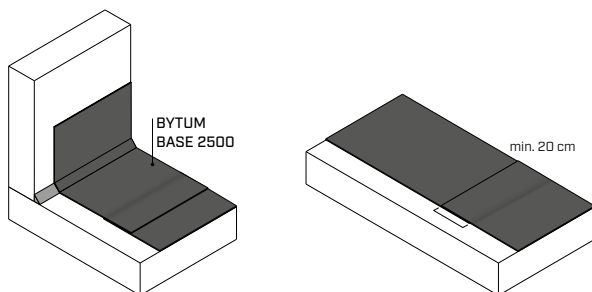


detalle B



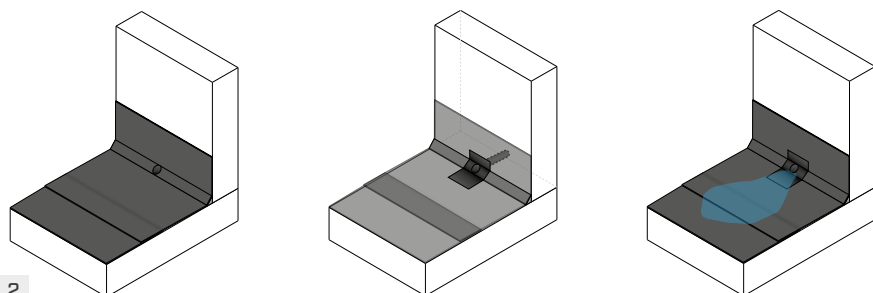
El ejemplo ilustrado representa intencionadamente el caso más crítico, para que resulte eficaz incluso en situaciones menos graves. En las cubiertas planas de madera, es preferible adoptar una estructura portante con viguetas y entablado a la vista, diseñada con una pendiente mínima del 2 % para todas las capas funcionales, como se indica en algunas normas (por ejemplo, ÖNORM B 3691), con el fin de reducir el riesgo de estancamiento y filtraciones, incluso en caso de una instalación incorrecta de la capa de cubierta. En estas condiciones, es posible utilizar BARRIER ALU NET ADHESIVE 300 tanto como protección provisional como barrera de vapor.

Se debe prestar especial atención a las barandas de CLT, elementos particularmente sensibles a la acumulación de agua, para los que es esencial gestionar con esmero los detalles de impermeabilización y evacuación del agua. También se recomienda integrar sistemas de monitorización, como sensores de humedad, para identificar de inmediato cualquier filtración y prevenir daños estructurales.



1

Prever la aplicación de una lámina bituminosa provisional (BYTUM BASE 2500 o GROUND BAND), colocada paralelamente al lado del edificio y solapada en la pared por al menos 30 cm más allá del suelo acabado exterior. En los ángulos rectos, prever siempre una cuña de XPS o de madera.



2

Para permitir el drenaje del agua durante la fase de impermeabilización temporal, hay que instalar bocas de desagüe en L, fabricadas con el mismo material de la lámina provisional.



ROTHOBLAAS RECOMIENDA

GROUND BAND

LÁMINA BITUMINOSA
AUTOADHESIVA



BYTUM BASE 2500

LÁMINA BITUMINOSA
AUTOADHESIVA

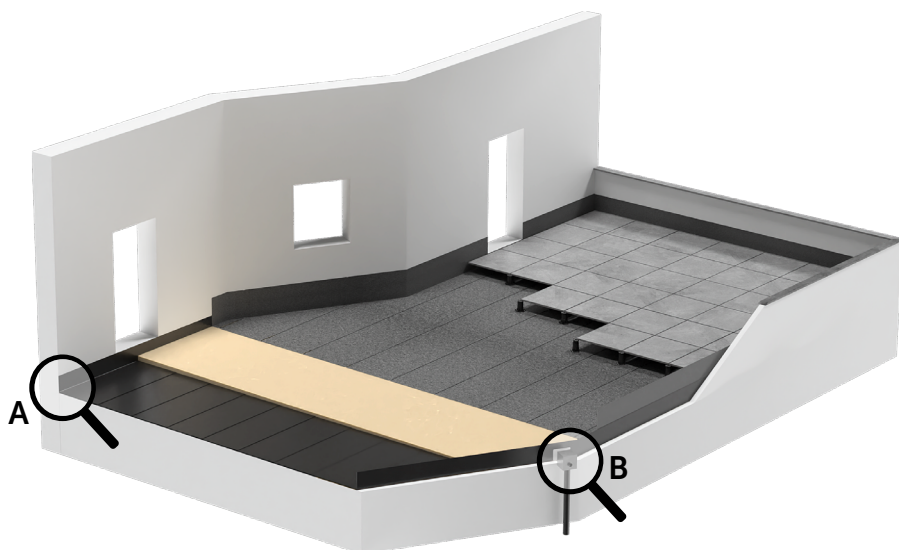


Impermeabilización provisional de la obra realizada correctamente.

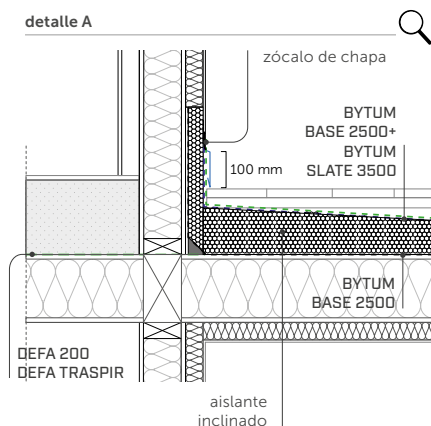


IMPERMEABILIZACIÓN DEFINITIVA PARA CUBIERTAS PLANAS Y TERRAZAS

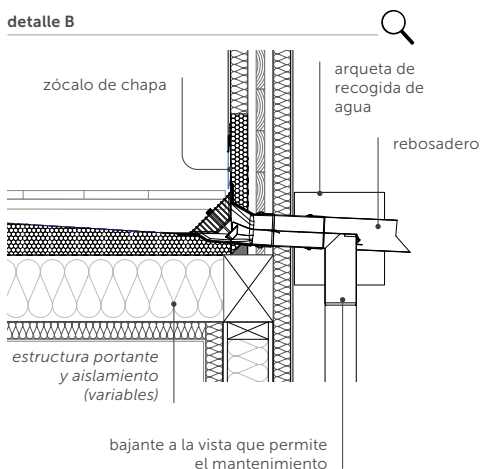
La impermeabilización definitiva asegura la estanquidad al agua de la cubierta a largo plazo. El sistema debe garantizar la continuidad, la resistencia mecánica y la durabilidad, protegiendo las capas subyacentes y asegurando el correcto drenaje de las aguas meteóricas de acuerdo con las especificaciones de proyecto.



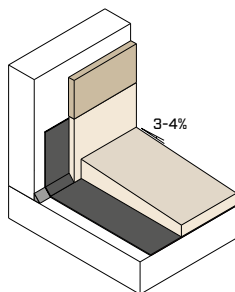
detalle A



detalle B

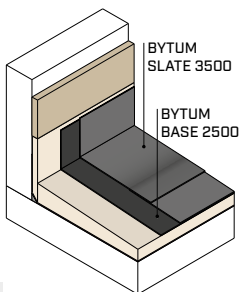


El diseño del drenaje del agua en las cubiertas planas y terrazas sigue la misma metodología. Es necesario calcular la superficie de la cubierta e identificar los puntos adecuados para instalar los bajantes, las arquetas de recogida y los rebosaderos, garantizando la correcta evacuación de las aguas meteóricas según las especificaciones de proyecto.



1

Si es necesario, prever un paquete aislante sobre la lámina temporal con aislantes ya contorneados con una pendiente del 3-4 %.



2

Completar la impermeabilización con una lámina impermeabilizante de betún (BYTUM BASE 2500 + BYTUM SLATE 3500), EPDM o PVC.

ROTHOBLAAS RECOMIENDA

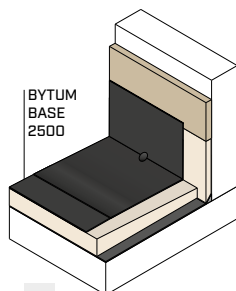
BYTUM SLATE 3500

LÁMINA BITUMINOSA AUTOADHESIVA DE PIZARRA

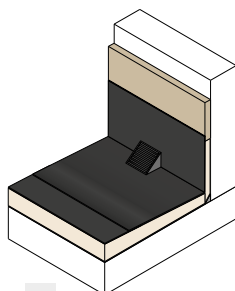


BYTUM BASE 2500

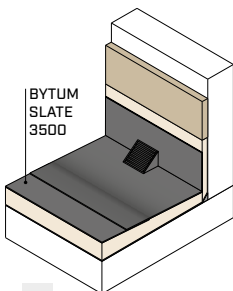
LÁMINA BITUMINOSA AUTOADHESIVA



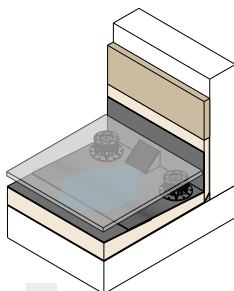
1



2



3

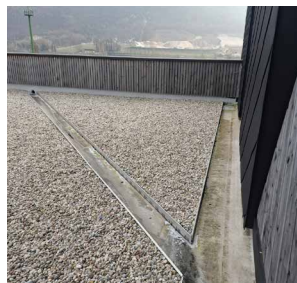


4

Completar los desagües con bocas de desagüe en L, fabricadas con el mismo material de la lámina y con rebosadero.

NOTA: No realizar el orificio de salida en la arqueta con una simple chapa doblada y sellada con silicona. Utilizar piezas especiales, como bocas de desagüe en L, fabricadas con el mismo material que la lámina impermeabilizante y con rebosadero.

NOTA: BYTUM BASE 2500 + BYTUM SLATE 3500 es una solución idónea para terrazas y cubiertas no transitables o acabadas con un pavimento sobreelevado.

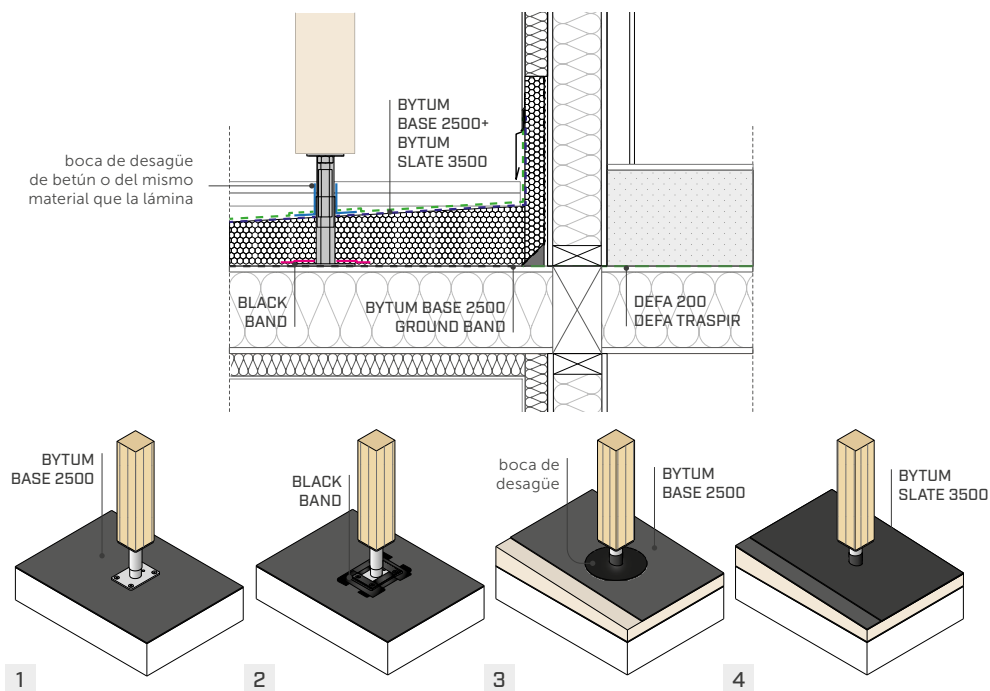


Realizar canales de drenaje del agua sin grava para permitir la correcta evacuación de las aguas meteóricas.



FIJACIÓN AL PIE DE PILAR

Los elementos de madera, como los pilares, tanto en el contacto con el suelo como en la terraza, deben estar siempre elevados al menos 10 cm con respecto al suelo exterior (acabado).



Al fijar la lámina impermeabilizante, se recomienda utilizar bocas de desagüe fabricadas con el mismo material que la lámina para restaurar la capa de protección.

No se recomienda usar silicona en lugar de bocas de desagüe.



Pasos de instalaciones resistentes al fuego en las estructuras de madera

La elección de la mejor protección pasiva en los pasos de instalaciones depende del contexto en el que se realizan.

Descarga el folleto completo



rothoblaas.es



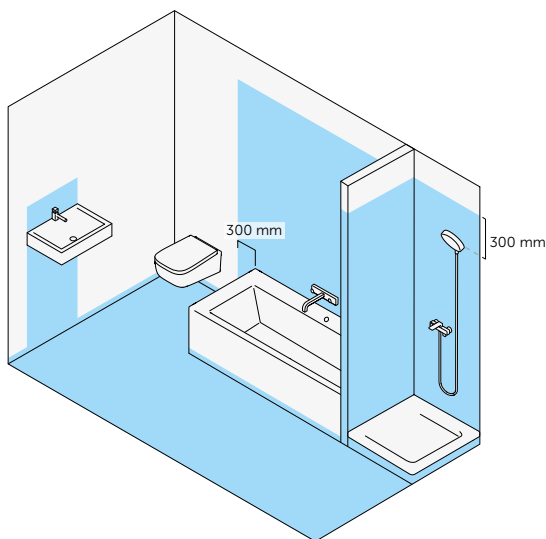
rothoblaas

Solutions for Building Technology

DISEÑO INTEGRADO

La gestión de la humedad influye directamente en la durabilidad y las prestaciones de las estructuras de madera. Un enfoque integral permite proteger la estructura y garantizar la durabilidad y las prestaciones a largo plazo.

PROTECCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DE MADERA



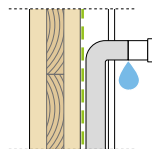
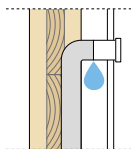
LEYENDA:

■ zonas críticas

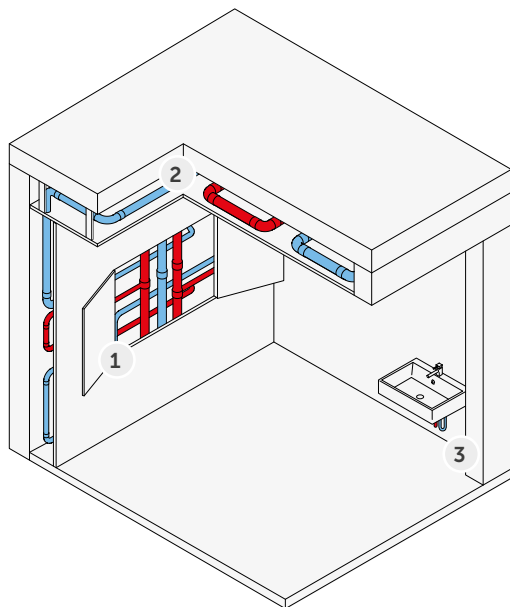
- Prestar atención a las zonas más expuestas a la humedad, como baños, cocinas, lavaderos y habitaciones con instalaciones de agua.
- Identificar las zonas críticas y usar láminas impermeables. Es posible utilizar sistemas completos o láminas líquidas combinadas con colas a base de cemento con adhesivos plásticos.
- Realizar una impermeabilización primaria oculta entre el borde sanitario y el revestimiento (lámina de cemento bi-componente elástica) y una impermeabilización secundaria visible mediante sellantes adecuados (masilla hidrorrepelente o silicona) en las zonas de los sanitarios y lavabos.
- Usar revestimientos adecuados: evitar cartón yeso estándar y optar por el fibrocemento u otros materiales resistentes a la humedad y la condensación.

Para más información sobre el diseño, véase la norma DIN 18534.

Es conveniente realizar una impermeabilización continua de toda la pared sobre la que se hayan aplicado revestimientos de baldosas cerámicas. Evitar configuraciones en las que la bañera se utilice como ducha y soluciones con plato de ducha a ras del suelo.



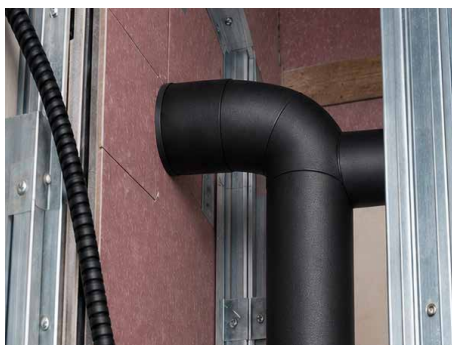
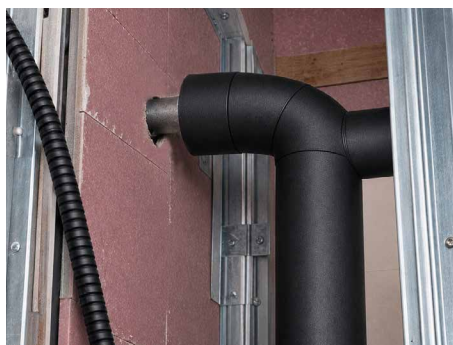
Las instalaciones del agua deben pasar por trasdosados y nunca por el interior de la estructura portante de madera. Si el espacio es insuficiente, se debe ampliar la falsa pared, sin realizar ningún fresado en la madera, y colocar tapones de construcción fuera de la capa de acabado alicatada. Se trata de componentes provisionales, que pueden moverse y que, por lo tanto, no garantizan la estanquidad.



- 1 Agrupación en huecos y/o pasos inspeccionables para facilitar el mantenimiento de todo el sistema de instalaciones y el control de las tuberías y los conductos de aire.
- 2 Instalación en trasdosados o falsos techos, evitando el paso a través de la estructura portante de madera.
- 3 Mantenimiento regular de los desagües para evitar la acumulación progresiva de residuos (grasa, jabón, cabello, etc.), que reducen la sección útil de las tuberías, comprometen la capacidad de drenaje y aumentan el riesgo de estancamiento y reflujo del agua, con efectos negativos en la durabilidad de las instalaciones y en la frecuencia de las intervenciones de emergencia.

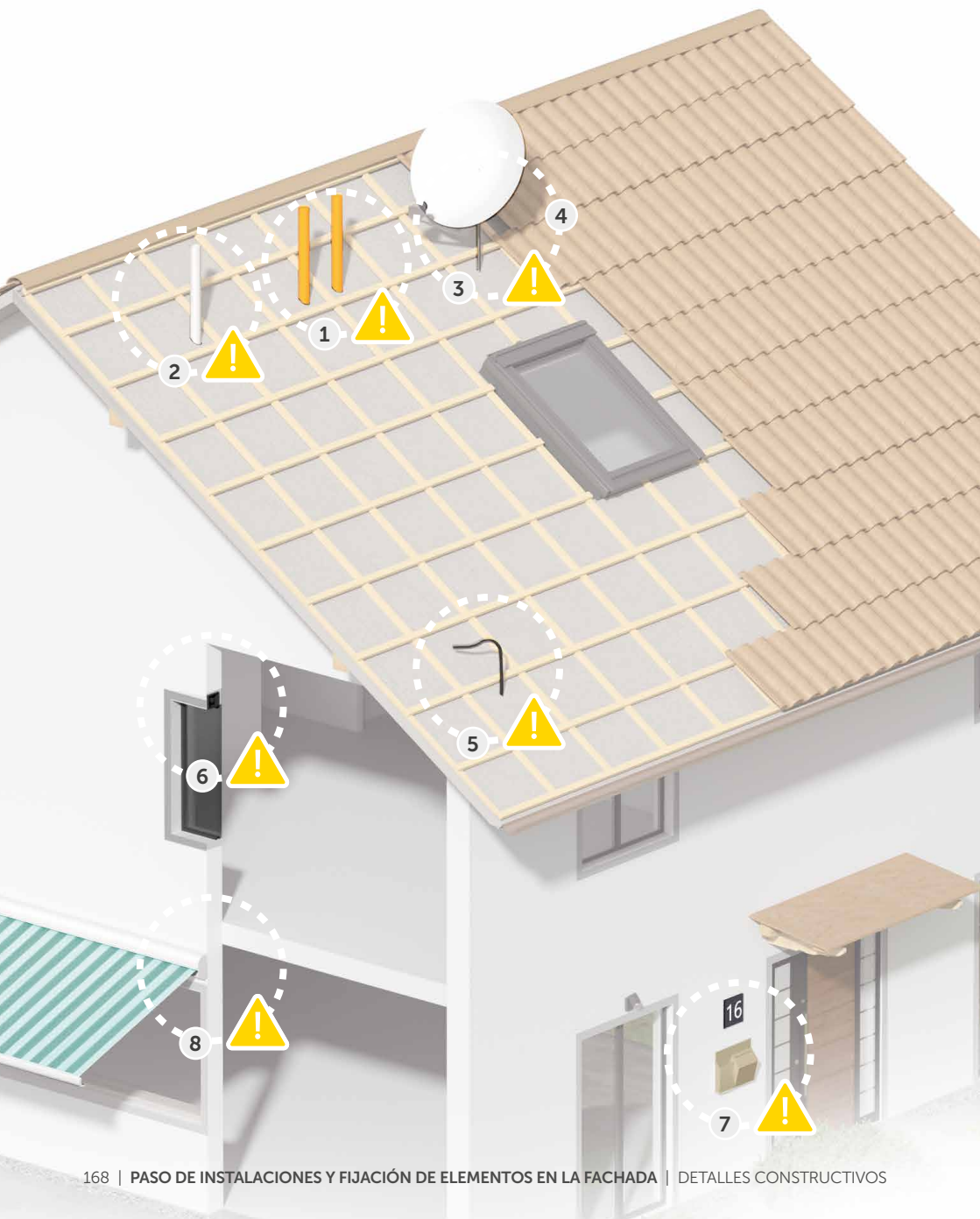


Se recomienda usar componentes pertenecientes a un sistema de instalaciones homogéneo para asegurar la compatibilidad y el correcto funcionamiento.



Para evitar el riesgo de condensación, las tuberías de agua fría deben estar correctamente aisladas en toda su longitud y garantizar siempre la continuidad del aislamiento. Durante las fases de obra, es necesario preservar su integridad, evitando daños que puedan comprometer las prestaciones.

PASO DE INSTALACIONES Y FIJACIÓN DE ELEMENTOS EN LA FACHADA



Cuando la envolvente de estanquidad al viento y al aire queda interrumpida por el paso de instalaciones en la cubierta o en la fachada, es necesario restablecer el sellado con productos específicos.

Los mismos métodos se aplican tanto a la estanquidad al aire como a la estanquidad al viento.

1

sellado de los tubos de ventilación de baños

MANICA FLEX + FLEXI BAND, MANICA PLASTER, WELDING PIPE

2

sellado del tubo de salida de la campana

MANICA FLEX + FLEXI BAND, MANICA PLASTER, WELDING PIPE

3

sellado del tubo de la antena en la lámina

MANICA PLASTER, FLEXI BAND, MANICA FLEX + FLEXI BAND, MANICA, WELDING PIPE

4

sellado del tubo de la antena en la capa de cubierta

MANICA POST, MANICA LEAD

5

sellado de los tubos de los paneles fotovoltaicos:

MANICA PLASTER, MANICA FLEX + FLEXI BAND

6

sellado del paso de la alimentación para persianas mecánicas y eléctricas en el lado interior de estanquidad al aire:

MANICA PLASTER, MANICA FLEX + FLEXI BAND, TUBE STOPPER, BLACK BAND

FIJACIÓN DE ELEMENTOS LIGEROS EN LA FACHADA

7

Durante la fase de diseño, insertar elementos aislantes no estructurales de alta densidad en el SATE para evitar que este se deforme bajo carga. Utilizar juntas adecuadas para sellar correctamente el agujero.

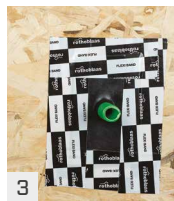
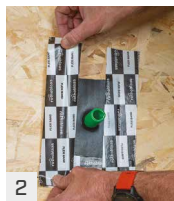
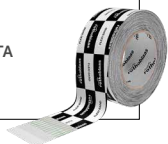
8

FIJACIÓN DE ELEMENTOS PESADOS Y ESTRUCTURALES EN LA FACHADA

Para la fijación de elementos pesados, como toldos, se deben prever elementos de fijación o refuerzo de alta densidad integrados en el SATE. Estos elementos evitan la deformación del aislamiento y permiten mantener la estanquidad al viento. Utilizar juntas adecuadas para sellar correctamente el agujero.

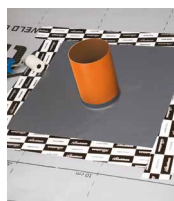
FLEXI BAND

CINTA
MONOADHESIVA
UNIVERSAL DE ALTA
ADHESIVIDAD



MANICA FLEX

MANGUITO SELLANTE
PARA TUBOS
Y CABLES PASANTES



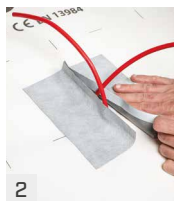
Sellado químico.

Sellado con aire caliente.

Sellado con cinta.

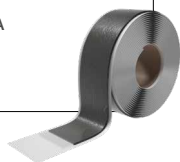
MANICA PLASTER

MANGUITO
ADHESIVO SELLANTE
ENFOSCABLE



BLACK BAND

CINTA BUTÍLICA
MONOADHESIVA
UNIVERSAL



WELDING PIPE
MANGUITO

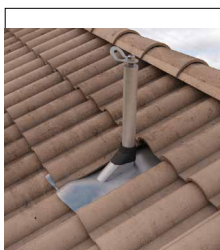
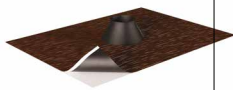


Sellado químico.

Sellado con aire caliente.



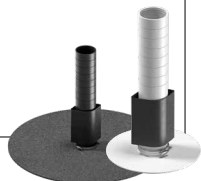
MANICA POST
MANGUITO ADHESIVO
SELLANTE PARA
EXTERIORES



MANICA LEAD
PERFIL DE PLOMO
CON MANGUITO
DE EPDM



MANICA
MANGUITO SELLANTE CON
TUBO TERMORRETRACTIL
Y ABRAZADERA



TUBE STOPPER
TAPONES PARA EL
SELLADO DE CABLES



rothoschool

Gracias a la colaboración con universidades, centros de investigación y empresas especializadas de todo el mundo, los cursos de Rothoblaas son impartidos por docentes con experiencia práctica y conocimientos sólidos en la enseñanza técnica. La formación combina teoría y práctica y está pensada para ingenieros, arquitectos, carpinteros, expertos en seguridad y otros profesionales del sector de la construcción.

ROTHOSCHOOL ON TOUR

Ofrecemos la formación directamente in situ, con sesiones prácticas para los profesionales del sector.

¡Encuentra el curso adecuado para ti!



rothoblaas.es



PLANES DE EJECUCIÓN

PLANES DE EJECUCIÓN

Las fases de transporte, almacenamiento, montaje y gestión de la humedad se definen mediante planes de implementación y control que comparten problemas comunes: seguridad, prestaciones, durabilidad y calidad de la obra. El plan de gestión de la humedad no se superpone a los otros, sino que es transversal, ya que condiciona los tiempos, los detalles y los controles de cada fase de ejecución.

● **PLANES DE EJECUCIÓN** desde pág. **175**

● **PLAN DE GESTIÓN DE LA HUMEDAD** desde pág. **176**

● **PLAN DE TRANSPORTE Y ELEVACIÓN** desde pág. **180**

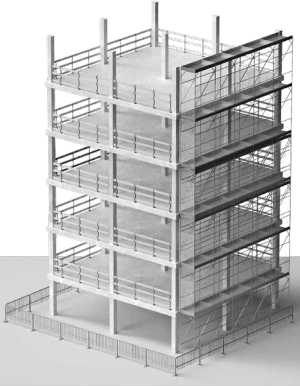
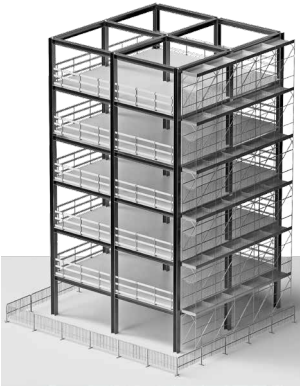
● **PLAN DE ALMACENAMIENTO** desde pág. **184**

● **PLAN DE MONTAJE** desde pág. **186**

● **PLAN DE SEGURIDAD** desde pág. **192**

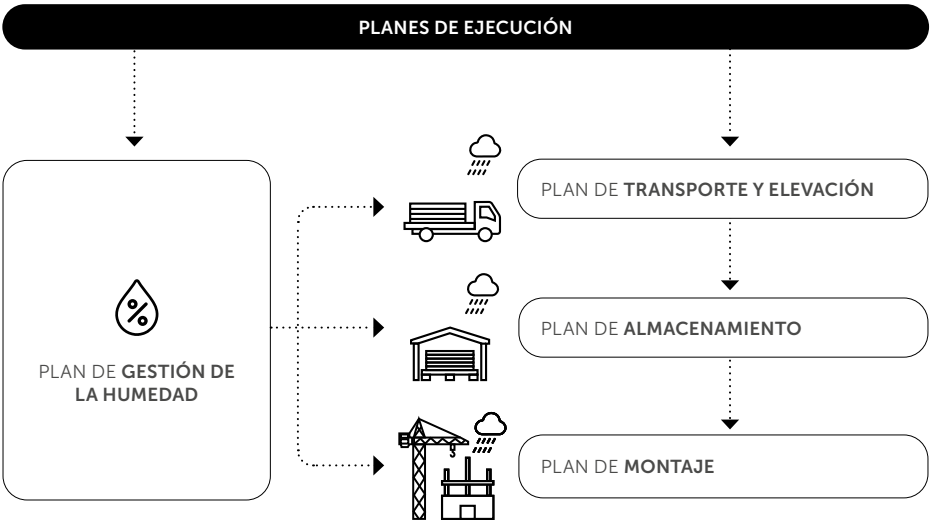
PLANES DE GESTIÓN OPERATIVA DE LOS MATERIALES EN LA OBRA

La **gestión logística en la obra** desempeña un papel crucial en las construcciones de madera, ya que determina la **velocidad de ejecución**. Gracias a entregas en secuencia, a la reducción del almacenamiento y a la limitación de los movimientos intermedios, se reducen los tiempos de obra y la exposición a los agentes externos.

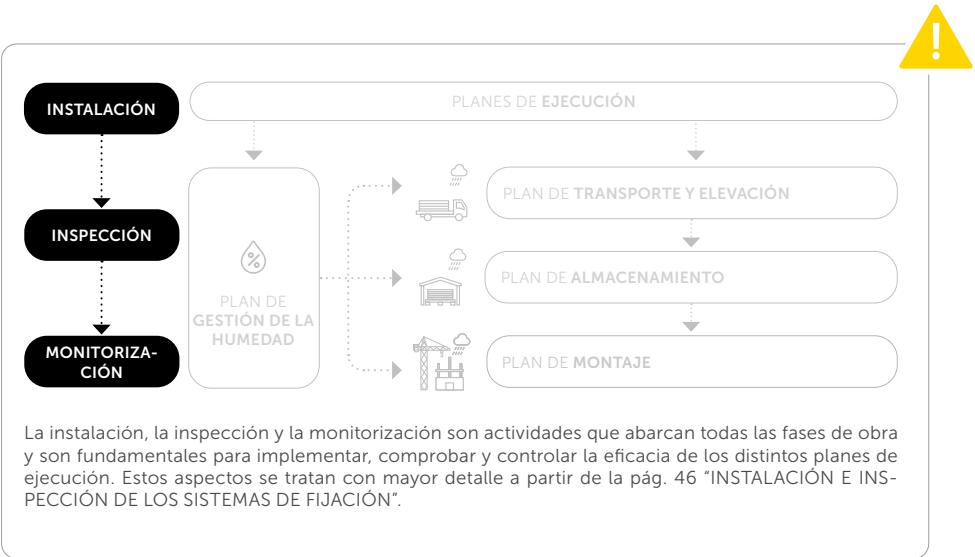
hormigón armado	acero	madera
		
 tiempos de endurecimiento largos	 velocidad	 velocidad
 resistencia a la intemperie	 sensibilidad a los cambios de temperatura	 sensibilidad a la humedad
 alto impacto ambiental	 alto impacto ambiental	 bajo impacto ambiental

La primera referencia a escala regional con un papel regulador explícito en estos aspectos es actualmente **el Eurocódigo 5, parte 3** (Fpr EN 1995-3:2025), que vincula el diseño y la ejecución a través de la especificación de ejecución. El documento traslada al contratista el cumplimiento de los requisitos definidos durante la fase de diseño y proporciona indicaciones para la supervisión y la inspección, introduciendo unos requisitos mínimos para la fabricación, el ensamblado y el montaje, incluidos el control de la humedad durante la ejecución, los detalles de protección, la calidad de la ejecución y las desviaciones geométricas. Este marco normativo destaca el papel determinante de la fase de ejecución para la seguridad, la durabilidad y la calidad final de la obra.

PLANES DE EJECUCIÓN



El transporte, el almacenamiento, el montaje y la gestión de la humedad son condiciones temporales que afectan a la seguridad, las prestaciones, la durabilidad, los costes y la calidad del edificio. El agua es un factor transversal, por lo que la gestión de la humedad está integrada en todos los demás planes.

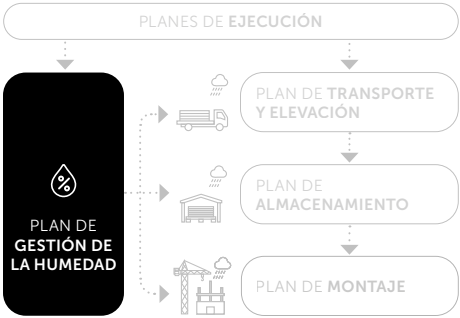


La instalación, la inspección y la monitorización son actividades que abarcan todas las fases de obra y son fundamentales para implementar, comprobar y controlar la eficacia de los distintos planes de ejecución. Estos aspectos se tratan con mayor detalle a partir de la pág. 46 "INSTALACIÓN E INSPECCIÓN DE LOS SISTEMAS DE FIJACIÓN".

PLAN DE GESTIÓN DE LA HUMEDAD

El plan de gestión de la humedad sirve para **prevenir daños en la estructura debido a variaciones de humedad** durante las fases de fabricación, transporte, almacenamiento, montaje y secado en obra.

No se trata de un plan autónomo, sino transversal, ya que condiciona los tiempos, los detalles y los controles de transporte, almacenamiento y montaje.



El plan debe definir:

- el **contenido de humedad máximo**, o el intervalo de aceptabilidad, en las diferentes fases
- las condiciones necesarias para limitar hinchazones, contracciones, deformaciones excesivas o **deterioro de la madera y de las conexiones**
- las medidas para limitar la absorción de humedad no compatible con las condiciones de servicio
- los **métodos de control, monitorización y gestión** de las desviaciones con respecto a los límites establecidos.



VALORES DE REFERENCIA DEL CONTENIDO DE HUMEDAD POR TIPO DE ELEMENTO



POR TIPO DE MADERA

tipos	a la entrega en la obra	en servicio SC1	en servicio SC2
madera maciza blanda	< 20%	8 - 13%	8 - 13%
madera laminada	aprox. 12% ± 3%	6 - 10%	9 - 13%
LVL	aprox. 10% ± 2%	6 - 10%	10 - 16%
CLT	aprox. 12% ± 2 - 3%	6 - 12%	9 - 15%

TRANSVERSALES POR FASE

condición	valor de referencia
madera recién cortada	puede superar el 100 %
madera seca para productos de madera de ingeniería	12% ± 3%
aceptable para cierre/cubierta	<15%
humedad de equilibrio en servicio	6 - 8%
riesgo de crecimiento de hongos	26 - 60%

FUENTE: elaboración a partir de 2025 International Mass Timber Report

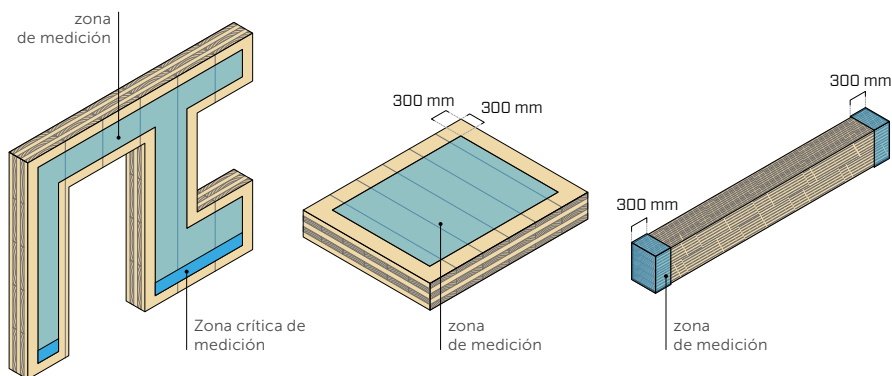
SOPORTES PROVISIONALES DE OBRA

El plan también establece: **quién realiza las mediciones, dónde las realiza, cómo las hace y cómo registra los resultados**. Las inspecciones deben realizarse en puntos representativos y en las zonas de mayor riesgo, evitando mediciones tomadas en aguas libres o estancamientos superficiales, ya que esto alteraría los resultados.

El plan también debe establecer **qué datos deben registrarse** en cada control; al menos se deben indicar:

- las condiciones meteorológicas
- el estado del área de almacenamiento
- la eficacia de las protecciones temporales
- la presencia de agua estancada
- las posibles medidas correctivas adoptadas

Para cada elemento estructural, hay que definir los puntos de medición y los métodos de lectura.

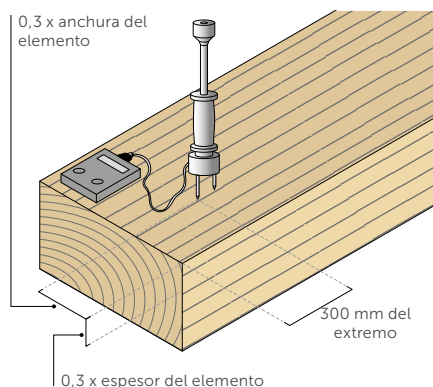


Ejemplo de zona de medición para paneles de pared de CLT.

Ejemplo de zona de medición para paneles de forjado de CLT.

Ejemplo de zona de medición para vigas y pilares.

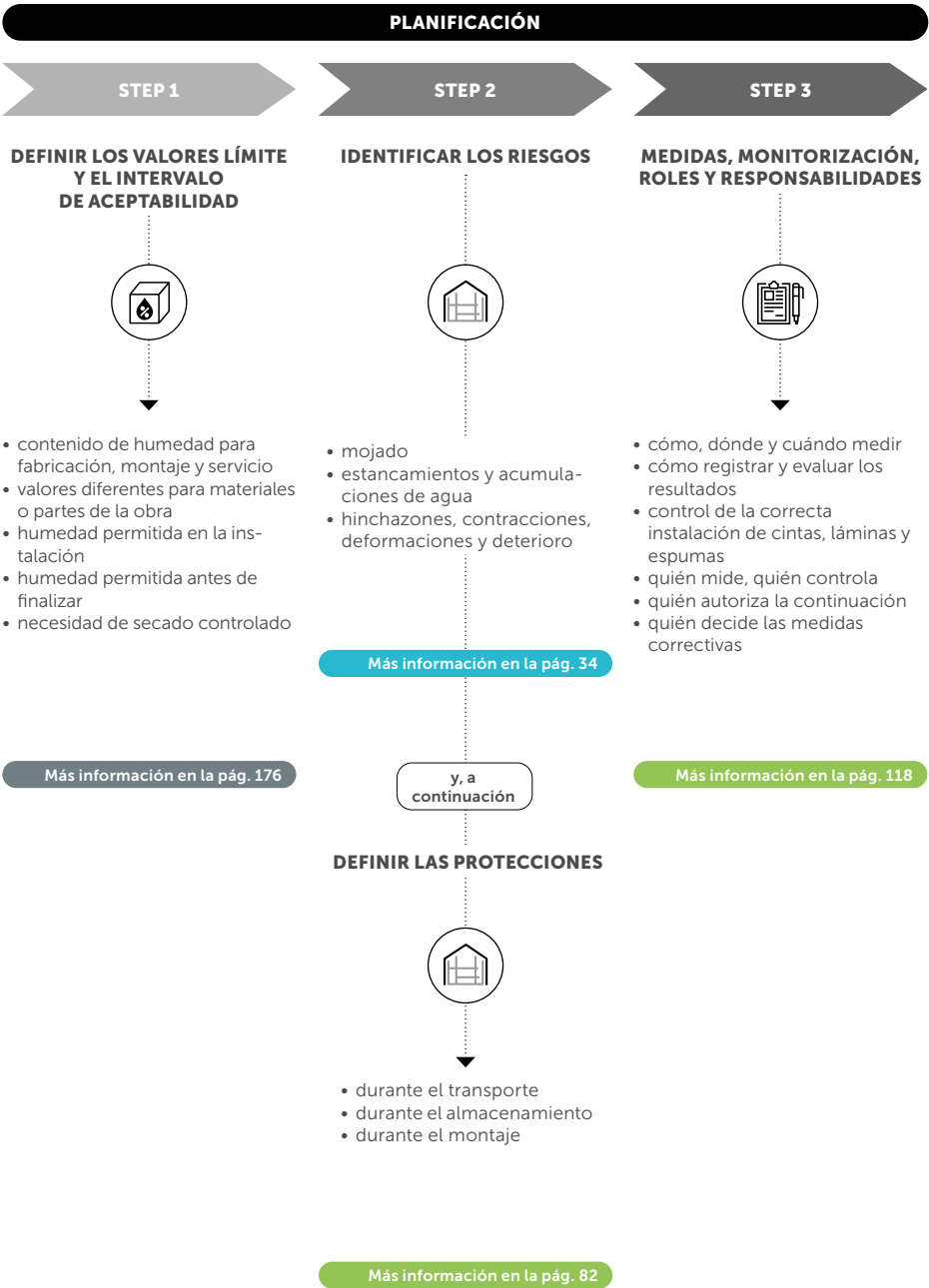
MEDIR LA HUMEDAD DE LA MADERA



Para medir la humedad de la madera, si se utilizan higrómetros eléctricos, se recomienda referirse a la norma **EN 13183-2:2022**. El método y la frecuencia se deben definir y planificar en los momentos más significativos de la obra:

- en el momento de la entrega
- durante el almacenamiento
- en la fase de montaje
- y al finalizar la obra.

FUENTE: The Swedish Forest Industries Federation, 2026.



OPERATIVO

STEP 4

MEDIR LAS CONDICIONES AMBIENTALES



- cuándo medir la temperatura y la humedad relativa
- cómo relacionar estas mediciones con las del contenido de humedad
- cuándo integrar los datos de la obra con los datos meteorológicos locales

Más información en la [pág. 18](#)

STEP 5

DEFINIR LAS ACCIONES CORRECTIVAS



- suspensión de los trabajos
- restauración de las protecciones
- drenaje y evacuación del agua
- secado controlado
- revisión de la secuencia o finalización

Más información en la [pág. 156](#)

STEP 6

COMPROBAR ANTES DE FINALIZAR



- contenido de humedad
- ausencia de agua libre
- eficacia de las protecciones y los drenajes
- coherencia con los límites del plan

Más información en la [pág. 176](#)

definir para el proyecto
y para los elementos
críticos

RESULTADOS DEL PLAN



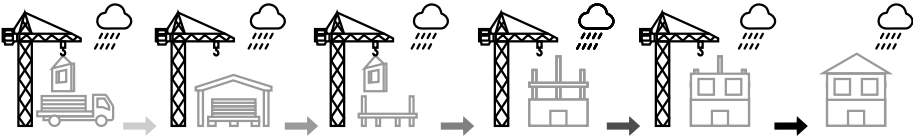
- | | |
|--|--|
| ☐ Valores límite de humedad e intervalos permitidos | ☐ Métodos, tiempos y responsabilidad de las medidas |
| ☐ Riesgos de mojado y estancamiento | ☐ Acciones correctivas en caso de desviación |
| ☐ Protecciones previstas para cada fase | ☐ Comprobaciones antes de finalizar |

PLAN DE TRANSPORTE Y ELEVACIÓN

El plan de transporte es el primer nivel de control en la fase de ejecución. No se trata solo de la llegada a la obra, sino de asegurar la integridad y las prestaciones de los elementos.

En esta fase, es importante distinguir entre dos aspectos relacionados: la **elevación**, que implica enganchar, manipular y colocar, y el **transporte**, que implica fijar, proteger y entregar en el punto de instalación.

ELEVACIÓN



Para los elementos estructurales, la elevación requiere una **evaluación específica de las cargas temporales y del sistema de agarre**. Un elemento diseñado correctamente para la configuración final puede dañarse si se eleva por puntos inadecuados, con dispositivos no compatibles con la geometría del elemento o con procedimientos no conformes con las instrucciones de uso. En el peor de los casos, el error puede causar daños al elemento y accidentes en la obra relacionados con la pérdida de estabilidad o el desprendimiento de la carga. **Más información en la pág. 182.**

TRANSPORTE

El transporte implica fijar y proteger el elemento en el vehículo hasta su entrega. En esta fase, hay que evitar movimientos, daños en las aristas, **las láminas** y los detalles ya aplicados, **corrosión de las fijaciones** preinstaladas y, en general, cualquier condición que pueda comprometer la calidad del elemento antes de su instalación.



transporte terrestre (corta y media distancia)



Utilizar correas para asegurar los paneles al vehículo durante el transporte.

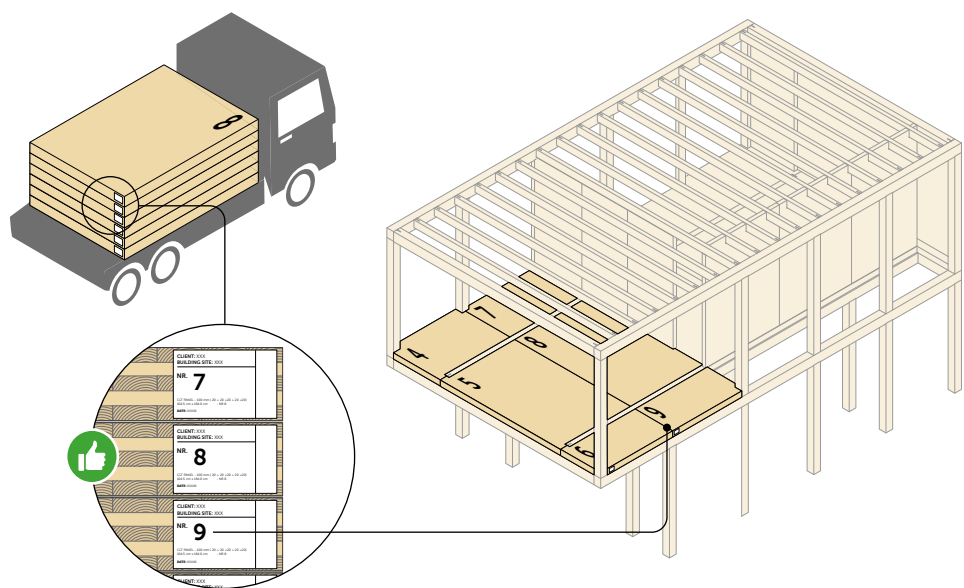


transporte terrestre o marítimo (larga distancia)



Protección adicional de los paneles en caso de viajes largos o posible exposición a agentes corrosivos.

El plan de transporte debe garantizar dos resultados: la preservación de los requisitos funcionales y estéticos de los materiales durante el transporte y la coordinación de la entrega con el montaje, para **reducir al mínimo el almacenamiento en la obra**. Siempre que sea posible, la solución más eficaz es la entrega justo a tiempo, con instalación inmediata o muy cerca del punto de descarga.



Organización de la **disposición de los paneles** durante el transporte para facilitar su elevación y montaje.

Los paneles deben numerarse en función de la **secuencia de instalación** y colocarse durante la fase de carga para permitir la descarga y la instalación en el orden previsto.

ROTHOBLAAS RECOMIENDA

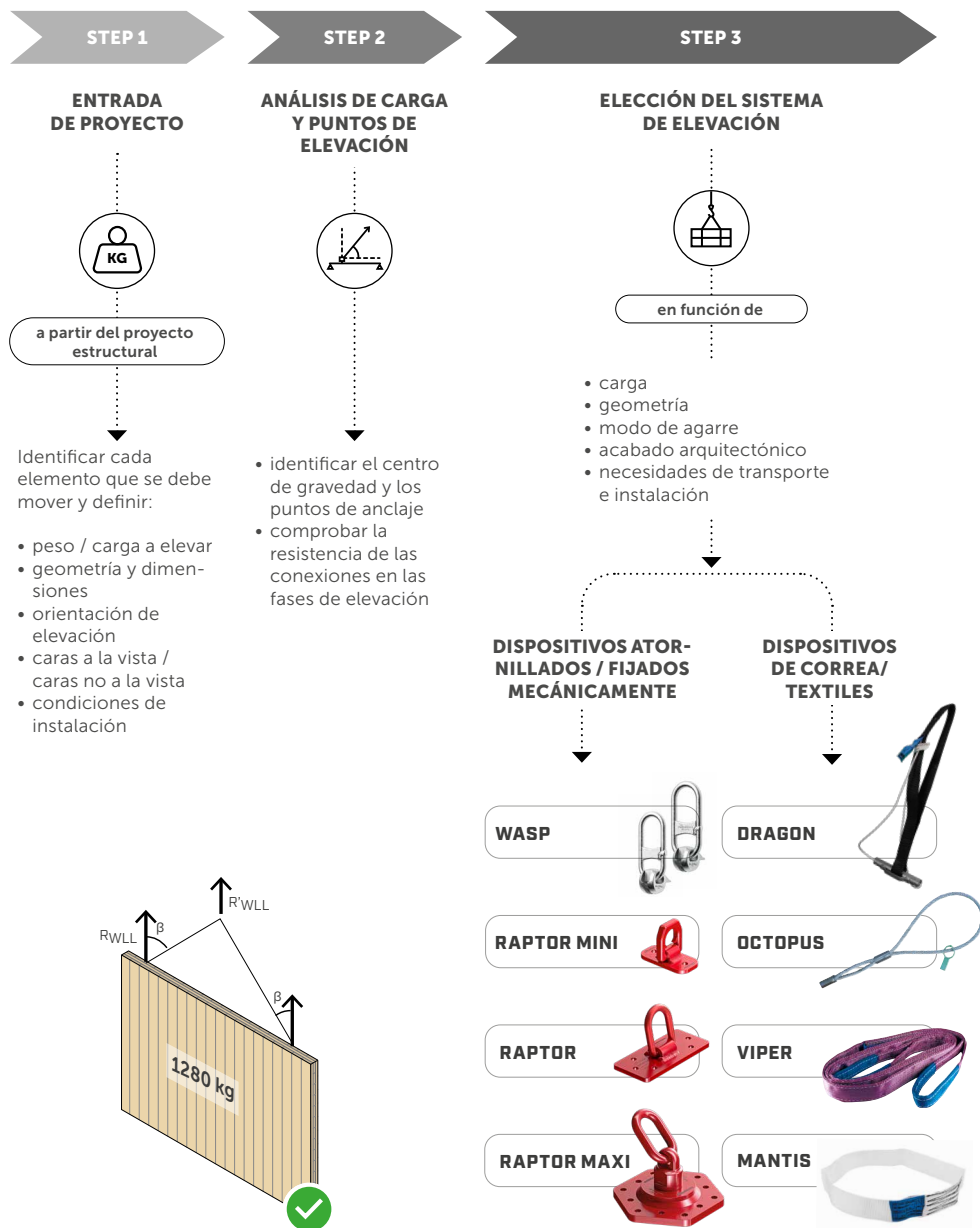


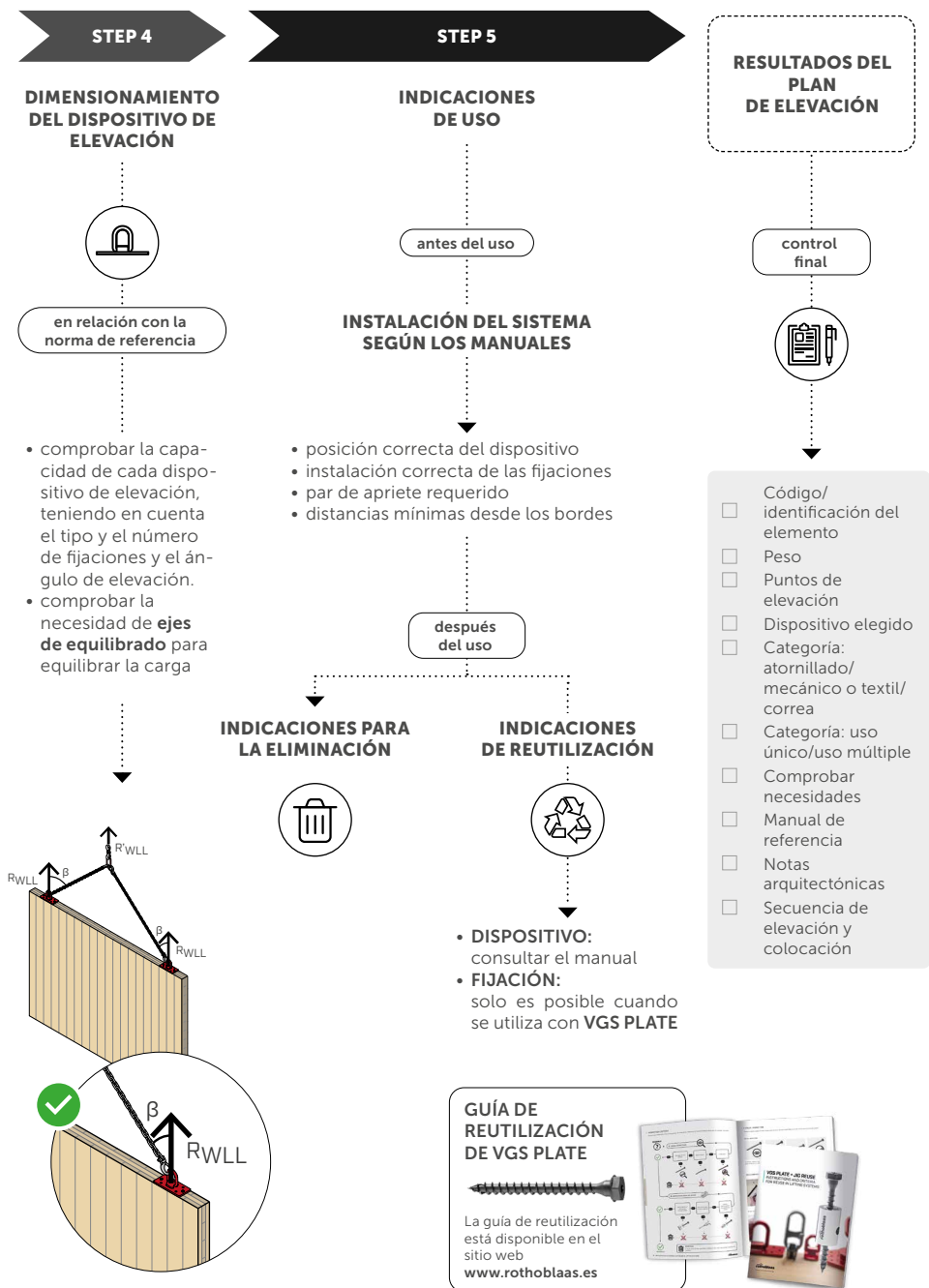
RATTLE
CORREA
DE FIJACIÓN CON
TENSOR



PHYTHON
CORREA DE ANCLAJE
EN FORMA DE ANILLO

FLUJO DEL PLAN DE ELEVACIÓN

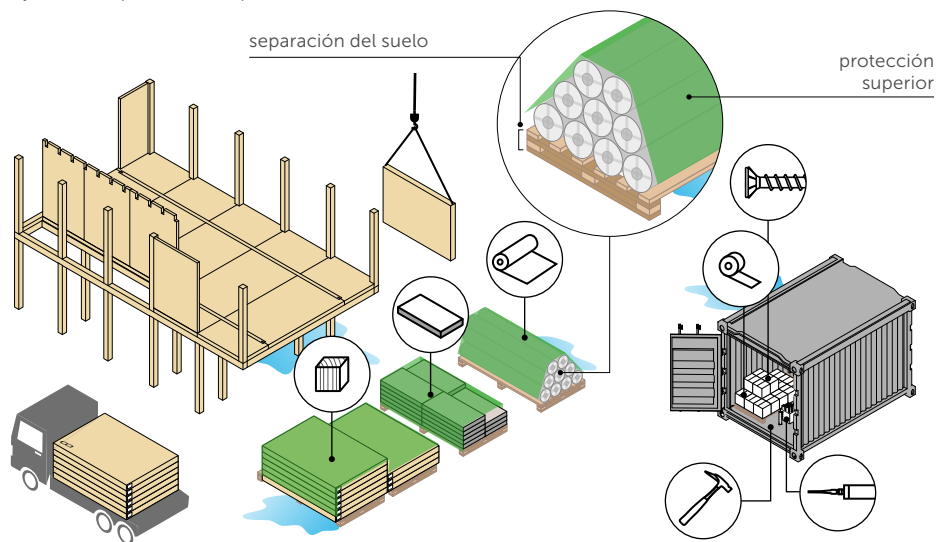




PLAN DE ALMACENAMIENTO

El plan se activa **cuando se prevé un intervalo de tiempo entre la entrega y la instalación**. Cada material tiene requisitos específicos, pero, en general, el almacenamiento correcto se basa en **dos principios o formas de protección**:

- **por abajo**: separación del suelo
- **por arriba**: protección superior



MADERA Y MATERIALES ESTRUCTURALES A BASE DE MADERA

Almacenar según la **secuencia de montaje**, sin obstaculizar la descarga, la manipulación ni la instalación.



HERRAJES Y FIJACIONES

Almacenar lejos de sales y **agentes corrosivos**, sobre todo en ambientes expuestos a aerosoles marinos.



AISLANTES

Evitar **apilarlos y, por lo tanto, que queden aplastados**, sobre todo si son aislantes blandos.



CINTAS

Conservar en su embalaje original, en un lugar seco y cubierto, prestando especial atención a las cintas butílicas. Proteger de los rayos UV.



LÁMINAS

Almacenar sobre palets y evitar el contacto con el suelo, los rayos UV y las altas temperaturas, prestando especial atención a las láminas adhesivas y bituminosas.



COLAS, RESINAS Y SELLANTES

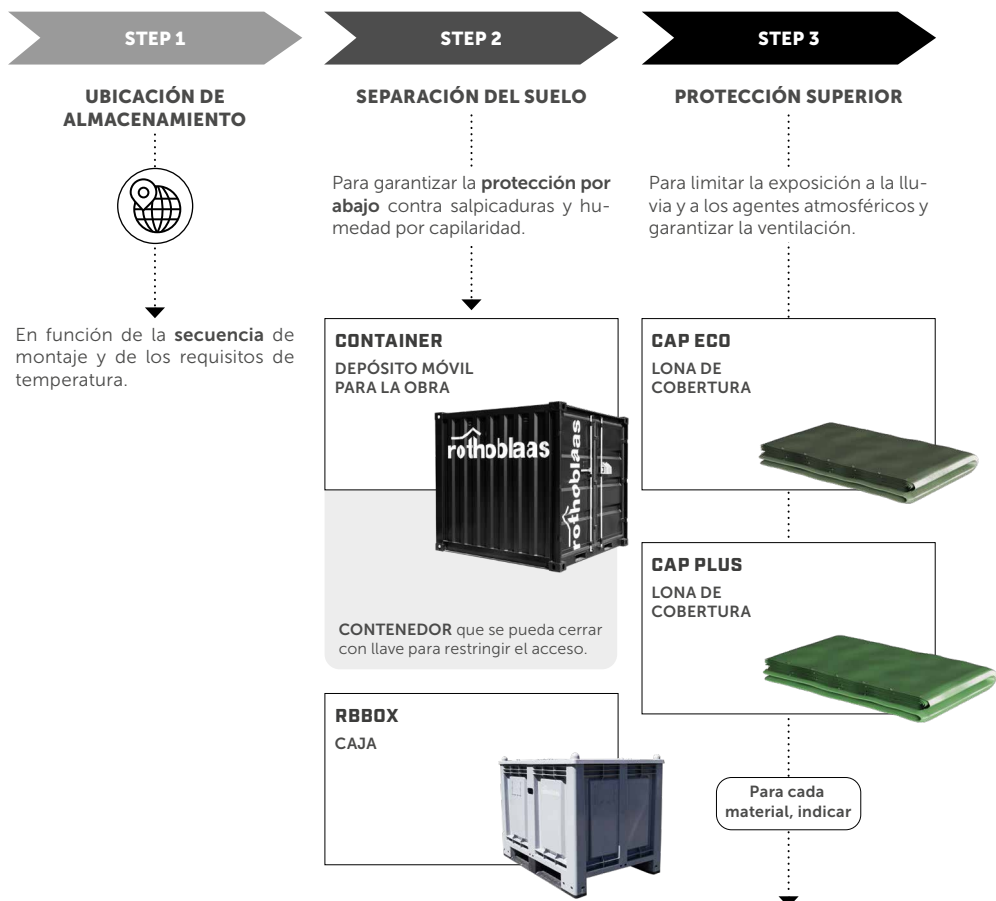
Almacenar en un lugar seco y cubierto, a la temperatura indicada en la ficha técnica.



Para cada producto, consultar siempre la **ficha técnica** y, si está disponible, el **manual de uso**, para garantizar la correcta conservación, durabilidad y prestaciones. Para más información, consultar también los correspondientes catálogos. Utilizar un contenedor que se pueda cerrar para proteger las herramientas y la maquinaria de la intemperie y los robos.

FLUJO DEL PLAN DE ALMACENAMIENTO

Para cada material, el plan de almacenamiento debe definir:



RESULTADOS DEL PLAN DE ALMACENAMIENTO



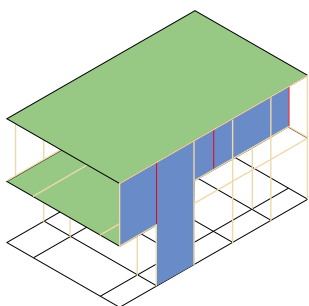
- ☐ Dónde se ubica, en función de la secuencia de montaje
- ☐ Cómo se apoya, para garantizar la protección por abajo
- ☐ Cómo se protege por arriba, contra el agua y los agentes atmosféricos
- ☐ Qué condiciones específicas se requieren
- ☐ Qué controles deben realizarse antes de la instalación

PLAN DE MONTAJE

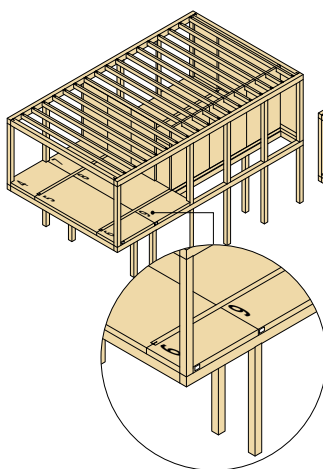
El plan de montaje permite pasar de una secuencia de elementos a un sistema resistente todavía incompleto. **No basta con que el edificio terminado sea correcto; es necesario que se controle cada fase intermedia.** No solo para garantizar la durabilidad del edificio acabado, sino también la seguridad en la obra.

SECUENCIA DE MONTAJE

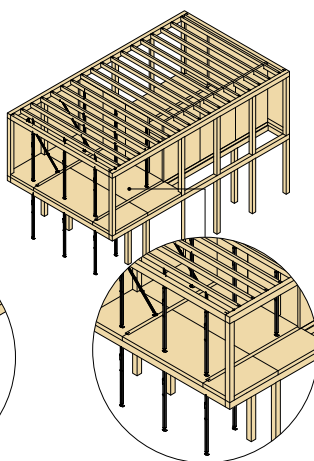
La secuencia de montaje debe ser coherente con el proyecto estructural, que rige todo el proceso de ejecución; **los métodos de montaje deben ser compatibles con las hipótesis pertinentes.** En esta fase, **se controlan los recorridos de las cargas** y se comprueban las configuraciones temporales, las cargas provisionales y las fases de instalación intermedias, evitando riesgos para la estructura y para la seguridad de los trabajadores en la obra.



esquema estático



orden de montaje

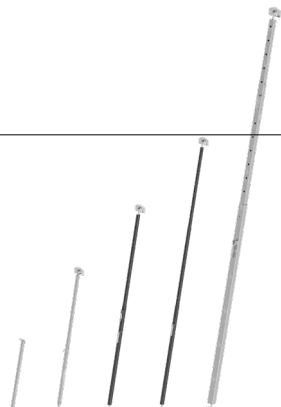


soportes provisionales de obra

ROTHOBLAAS RECOMIENDA



GIRAFFE
SOPORTE
DE MONTAJE



SOPORTES PROVISIONALES DE OBRA

Los apuntalamientos, los contravientos, los soportes provisionales y los dispositivos de sujeción, incluidos los sistemas anticaídas y las protecciones colectivas, no son elementos opcionales de la obra, sino condiciones necesarias para el montaje. Deben ser coherentes con el proyecto estructural, estar verificados para las condiciones reales de uso y ser sistemas certificados. Sin obras temporales adecuadas y sin protecciones colectivas, no existen las condiciones mínimas para un montaje seguro.

COMPROBACIÓN DE LOS SOPORTES PROVISIONALES EN LA OBRA

1 2 3 4 5

Comprobación del soporte con **GIRAFFE CALCULATOR**.

Colocación de la placa superior en el tercio superior (como **CONTRAVIENTO**) o en el intradós del panel (como **PUNTAL**).

Comprobar el ángulo correcto y la fijación de la placa inferior.

Regulación y nivelación con el mango.

Tras reparar la pared, desmontar **GIRAFFE** y prepararlo para su reutilización.



GIRAFFE como **PUNTAL**.



GIRAFFE como **CONTRAVIENTO**.

Usar **GIRAFFE CALCULATOR** para comprobar el soporte provisional de montaje.

¡Encuentra el curso adecuado para ti!



rothoblaas.es



FIJACIONES PARCIALES E INSTALACIÓN

En las fases iniciales de la instalación, pueden ser necesarias fijaciones parciales, pero no se deben considerar nunca suficientes para transferir cargas para las que no han sido diseñadas. Una conexión temporal con unas pocas fijaciones puede servir para mantener el elemento en su lugar, pero no para soportar las condiciones de carga que requieren la finalización del detalle estructural. Por ello, es fundamental comprobar que, en cada fase del montaje, **el número de fijaciones de los elementos sea adecuado** y que las configuraciones temporales sean compatibles con las cargas.

LEYENDA



riesgo
muy bajo



riesgo
a evitar



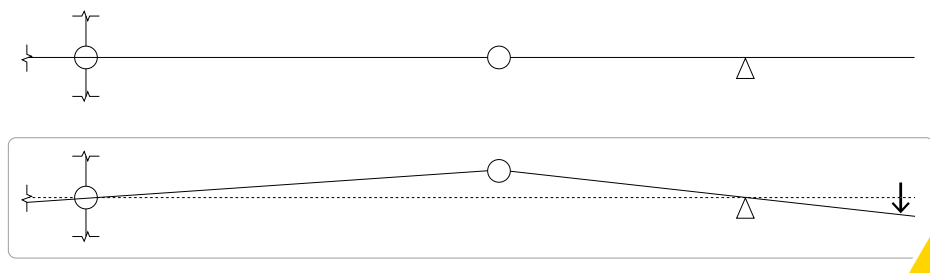
Conexiones compatibles con la fijación parcial provisional durante la fase de montaje.



Conexiones no compatibles con la fijación parcial provisional: todas las fijaciones deben instalarse antes de aplicar las cargas para garantizar la seguridad estructural.

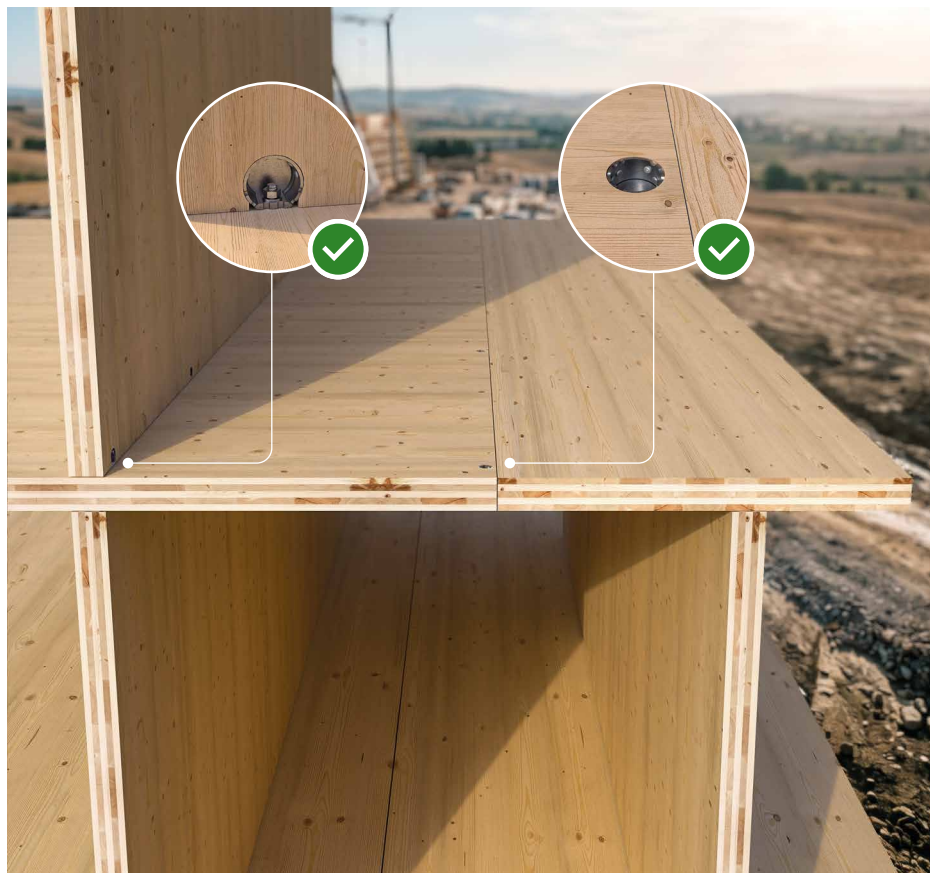


Esquema estático de las conexiones





Reduce la necesidad de fijaciones temporales y los riesgos asociados utilizando los innovadores conectores RING y RADIAL, premontados o instalados directamente en obra.



ROTHOBLAAS RECOMIENDA

RING

CONECTOR DESMONTABLE
PARA PANELES
ESTRUCTURALES



RADIAL

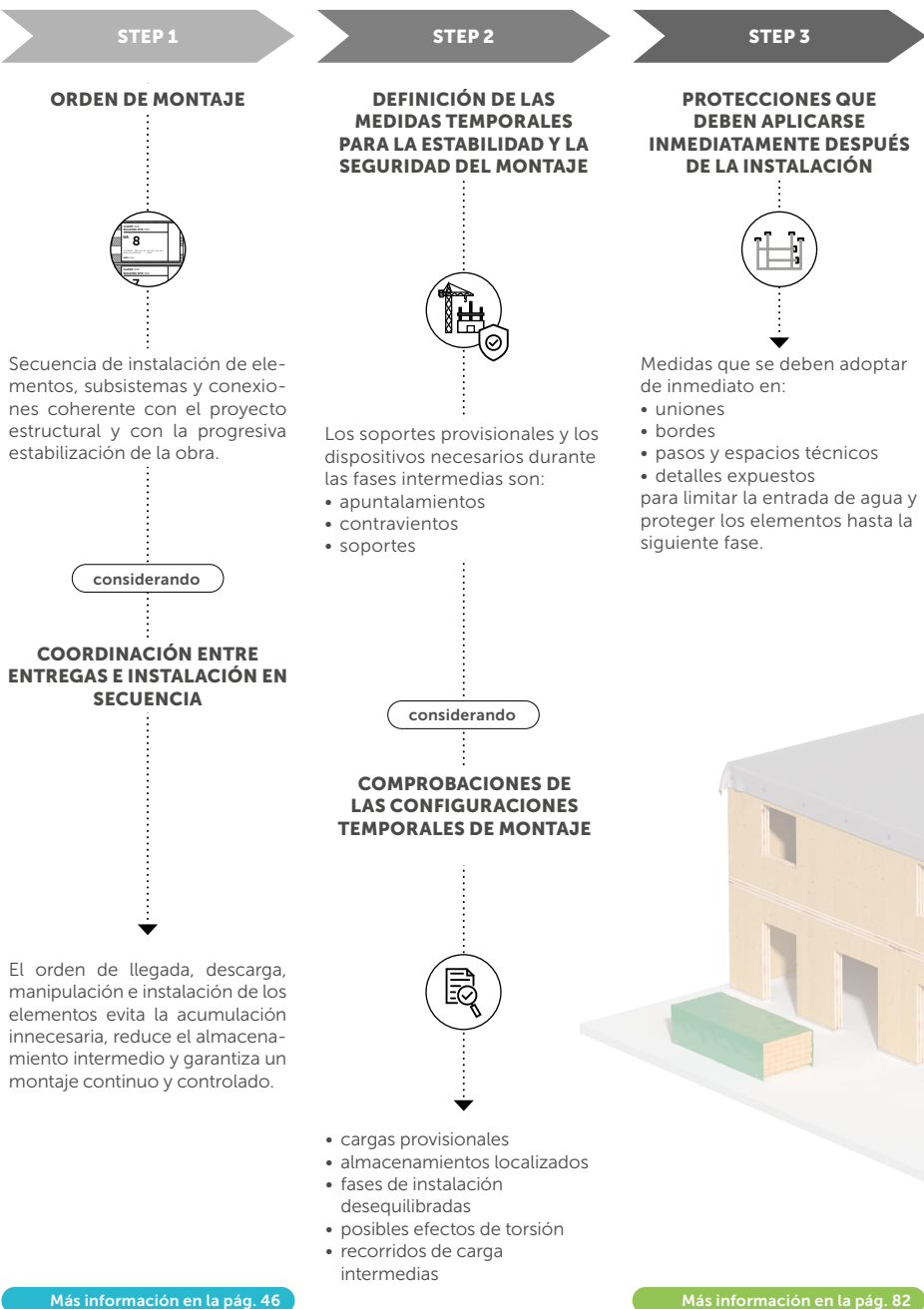
CONECTORES PARA
VIGAS DE MADERA
Y PANELES



LBS HARDWOOD EVO

TORNILLO DE CABEZA
REDONDA PARA PLACAS
EN MADERAS DURAS





Más información en la pág. 46

Más información en la pág. 82

STEP 4

CONTROLES NECESARIOS ANTES DE LA SIGUIENTE FASE



Identificar las comprobaciones que deben realizarse antes de continuar, en particular en lo que respecta a: correcto posicionamiento de los elementos, suficiente número de fijaciones, estabilidad temporal, tolerancias, continuidad de las protecciones y ausencia de condiciones críticas.

Más información en la pág. 46

STEP 5

COORDINACIÓN CON FACHADA, LÁMINAS, DRENAJE Y CIERRE DE LA ENVOLVENTE



Garantizar la continuidad entre el montaje estructural y los trabajos posteriores, asegurando tiempos compatibles entre la protección, la estanquidad al agua, el drenaje y el cierre, en relación con la exposición de los elementos.

Más información en la pág. 156

STEP 6

FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES OPERATIVAS DE LA ENVOLVENTE



- Quién autoriza el inicio de la fase
- Quién controla las condiciones temporales
- Quién instala las obras provisionales
- Quién controla las protecciones
- Quién autoriza el paso a la fase siguiente

Para cada elemento,
indicar

RESULTADOS DEL PLAN DE MONTAJE



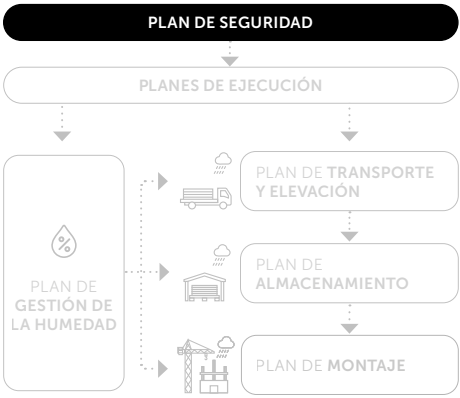
- | | |
|--|--|
| ☐ Cuándo llega | ☐ Qué fijaciones están permitidas en las fases intermedias |
| ☐ Cómo se manipula | ☐ Qué protecciones deben aplicarse inmediatamente después de la instalación |
| ☐ En qué orden se monta | ☐ Qué controles deben superarse antes de continuar |
| ☐ Qué cargas temporales genera o recibe | |
| ☐ Qué soportes provisionales se requieren | |

PLAN DE SEGURIDAD

El Plan de Seguridad es el documento transversal que rige los demás planes de ejecución en lo que respecta a los aspectos relacionados con la prevención y la protección en la obra. Para cada fase operativa, define las medidas necesarias para garantizar que los trabajos, las secuencias de montaje, los movimientos y las obras temporales se lleven a cabo en condiciones seguras. Deben respetarse las normas nacionales vigentes.

La obra debe estar equipada con las debidas **protecciones colectivas**. Cada operador debe estar protegido con **equipos de protección individual (EPI) adecuados** para las actividades que vaya a realizar.

El responsable de seguridad debe vigilar que se apliquen correctamente las medidas previstas y su coherencia con las distintas fases operativas.



EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

CASCO

HERO
CASCO PARA TRABAJOS EN ALTURA, OBRAS O ÁREAS INDUSTRIALES

ARNÉS

SPARTA
ARNÉS COMPLETO PROFESIONAL PARA SISTEMAS ANTICAÍDA, POSICIONAMIENTO Y TRABAJO EN SUSPENSIÓN

GUANTES

GLOVE MID
GUANTE DE NAILÓN Y ELASTANO REICLADO/ESPUMA DE NITRILLO

CHALECO DE ALTA VISIBILIDAD

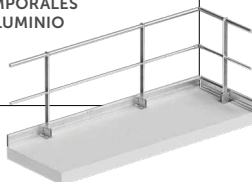
VEST
CHAQUETA DE ALTA VISIBILIDAD

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

BARANDAS

BORDER

BARANDAS PERMANENTES Y TEMPORALES DE ALUMINIO



EDGE TEMP 1

BARANDA TEMPORAL LADO CUBIERTA



LÍNEAS DE VIDA TEMPORALES

HOLD SYSTEM

DISPOSITIVO DE ANCLAJE HORIZONTAL TEMPORAL



TEMPORARY

LÍNEA DE VIDA TEMPORAL



ANCLAJE INDIVIDUALES

WING

PUNTO DE ANCLAJE PARA TRABAJOS EN SUSPENSIÓN



KITE

PUNTO DE ANCLAJE



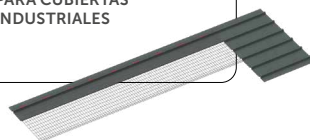
Usa los **TOOLGRAB** para prevenir las caídas de altura de las herramientas en la obra.



REDES ANTICAÍDAS

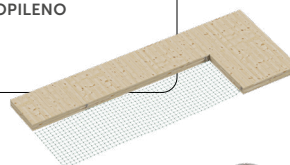
OVERNET

SISTEMA DE PROTECCIÓN ANTICAÍDA PERMANENTE PARA CUBIERTAS INDUSTRIALES



HORIZONTAL NET

RED PROTECTORA HORIZONTAL DE POLIPROPILENO



Usa el **mosquetón** para fijar redes de protección anticaídas.



El presente catálogo es de propiedad exclusiva de Rotho Blaas y no puede ser copiado, reproducido o publicado, incluso parcialmente, sin su consentimiento previo por escrito. Toda violación será perseguida conforme con ley.

La versión actualizada de la documentación técnica es la que está disponible en el sitio web de Rotho Blaas. Rotho Blaas no responde por posibles errores de impresión inherentes a datos técnicos, dibujos, referencias a pesos y medidas y traducciones de los catálogos.

Rotho Blaas se reserva el derecho de modificar los productos de las gamas, sus características, especificaciones técnicas y otra documentación en cualquier momento y sin previo aviso.

Los instaladores, diseñadores, ingenieros, usuarios y compradores en general deben consultar el sitio web www.rothoblaas.es cada vez que utilicen un producto.

Cada producto está diseñado para las capacidades de carga y los usos indicados en la documentación técnica, que proporciona también información sobre sus limitaciones y otras instrucciones que deben respetarse rigurosamente. Los productos están diseñados para una amplia variedad de usos. Sin embargo, Rotho Blaas no asume ninguna responsabilidad respecto a la confirmación de la idoneidad de un producto para el uso previsto, que recae en el usuario, ni tampoco sobre la instalación del mismo. Todo uso previsto para un producto debe ser examinado y aprobado por profesionales cualificados.

Rotho Blaas no proporciona ninguna garantía sobre el cumplimiento legal ni sobre el proyecto de los datos y cálculos. Las herramientas de cálculo proporcionadas permiten obtener un cálculo indicativo y ofrecen solo asistencia técnico-comercial para las actividades de venta. Los valores derivados de ensayos se basan en los resultados reales de investigaciones experimentales y solo son válidos para las condiciones de prueba indicadas.

Rotho Blaas no ofrece ninguna garantía y en ningún caso podrá ser considerada responsable por daños, pérdidas y costes u otras consecuencias, bajo ningún concepto (garantía por vicios, garantía por mal funcionamiento, responsabilidad del producto o legal, etc.), relacionados con el uso, la imposibilidad de uso o el uso no conforme de los productos.

Las imágenes tienen la única finalidad de ilustrar el producto y, es posible que no reflejen plenamente sus características y que se hayan hecho con sistemas de inteligencia artificial. Es posible que los accesorios que se muestran en las imágenes y en las renderizaciones no estén incluidos. Las cantidades de embalaje pueden variar.

Si se encuentran discrepancias entre las versiones lingüísticas del catálogo, el texto italiano se considerará el único autorizado y prevalecerá sobre todas las demás traducciones.

Las condiciones generales de compra de Rotho Blaas Srl se pueden consultar en el sitio web www.rothoblaas.es.

All rights reserved

© 2026 ROTHO BLAAS SRL

All renderings © ROTHO BLAAS SRL

Fecha de publicación - 09/2026



rothoblaas



PROTEGE EL CERRAMIENTO

Fijación, impermeabilización y sellado determinan la calidad del vano de la ventana. En los edificios de altas prestaciones, las cintas, los sellantes y las fijaciones garantizan la estanquidad al aire, la protección contra el agua y la correcta conexión entre el marco y la estructura.

Elige productos Rothoblaas



rothoblaas.es



rothoblaas

Solutions for Building Technology

Este *Smartbook*
no es una guía
ni un catálogo.

Es una **herramienta práctica** para identificar los riesgos antes de que se conviertan en daños. Trata las situaciones en las que el agua puede convertirse en un problema durante la obra: falta de coordinación entre las fases de ejecución, puntos expuestos durante más tiempo del previsto, detalles correctos sobre el papel que, en la realidad, se comportan de manera diferente.

No reemplaza el diseño. Ayuda a determinar las condiciones reales de la obra, evaluar los problemas y elegir las **soluciones que se pueden aplicar** antes de que ocurran daños irreversibles.

Es una herramienta para llevar a la obra.

Rotho Blaas Srl

Via dell'Adige N.2/1 | 39040, Cortaccia (BZ) | Italia
Tel: +39 0471 81 84 00 | Fax: +39 0471 81 84 84
info@rothoblaas.com | www.rothoblaas.com



8 01SMARTCANIES 09126

